Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

November/Dezember 5/2003
€ 6,50 / 12,50 sFr

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Galgenfrist für Weltraumteleskop?

DIE ZUKUNFT VON HUBBLE

Die besten Fotos aus dreizehn Jahren

OZEANE IM SONNENSYSTEM
Wasser auf fernen Monden

TESTREPORT
Starblast: Lichtblick für Einsteiger

MISSION UPDATE: 25 Jahre bemannte Raumfahrt in Deutschland **ASTROFOTOS:** Planeten mit der Webcam **UNTERWEGS:** Europäische Nordsternwarte auf Teneriffa

ÜBERRIESE: Rätselhafter Eta Carinae

060463

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Ungewisse Zukunft für das Weltraumteleskop

Ende August gelang es der Nasa, das Weltraumobservatorium SIRTF ins All zu schießen – das vierte und letzte Großteleskop der amerikanischen Raumfahrtbehörde. SIRTF (von dem nur zu hoffen ist, dass es bald einen aussprechbaren Namen bekommt) soll die Geburtsstätten von Sternen, Planetensystemen und fernen Galaxien im Infrarotlicht aufs Korn nehmen – mit deutlich gesteigerter Auflösung.

Für das Image der Nasa hängt nicht wenig von diesem Projekt ab: Nach dem Columbia-Desaster zittern die Ingenieure jetzt, ob ihre beiden Marsfahrzeuge heil ans Ziel kommen. Denn allein im letzten Jahrzehnt sind vier ihrer Marsmissionen gescheitert – Grund genug, um den eigenen Ruf als führende Raumfahrtagentur zu bangen. Dabei war die Ära der großen amerikanischen Weltraumteleskope für Astronomie und Kosmologie bisher ungewöhnlich erfolgreich, ja revolutionär.

Hubble. Nach mehreren Jahrzehnten Vorbereitung ging 1990 das Hubble Space Telescope mit seinem 2,4-Meter-Spiegel in Erdumlauf. Nachdem ein Fehler in der Optik in einer spektakulären Aktion repariert worden war, lieferte der Weltraumspäher eine schier unerschöpfliche Flut brillanter Fotos. Sie versetzten die Öffentlichkeit in Verzückung, ihre wissenschaftlichen Resultate beeindruckten die Forscher. Hubble gab Hinweise auf das große Schwarze Loch im Zentrum der Galaxis (AH 4/2003, S. 36), vermaß die beschleunigte Expansion des Weltalls und zeigte, dass Galaxien im jungen Kosmos früher entstanden, als die Forscher angenommen hatten.

NASA / CXC / SAO

PALOMAR OBSERVATORY

Im Krebsnebel, Relikt einer Sternexplosion im Jahr 1054, rotiert ein Pulsar – hier mit Chandras Röntgenauge beobachtet (links) und im sichtbaren Licht (rechts).

Compton. Das 17 Tonnen schwere Compton Gamma Ray Observatory bahnte den Weg, das Rätsel der Gammastrahlenblitze zu lösen. Nach immerhin neun Jahren Flugzeit wurde das Weltraumobservatorium – trotz lauter Forscherproteste – aus Sicherheitsgründen im Juni 2000 zum Absturz gebracht.

Chandra. Nach Rosat, dem deutsch-britisch-amerikanischen Röntgensatelliten, durchforstet das dritte Großobservatorium der Nasa seit vier Jahren den Röntgenhimmel. Seine Daten lieferten den Forschern Indizien für die Existenz mittelgroßer Schwarzer Löcher. Außerdem beobachtete Chandra das heiße, intergalaktische Gas und gab damit Hinweise auf die mysteriöse Dunkle Materie.

Über diese Erfolgsstory legt sich jetzt ein Schatten. Hubbles Zukunft soll nach aktueller Planung spätestens im Jahr 2010 enden; der Nachfolger, das James Webb Space Telescope, ist aber vielleicht erst 2015 startklar. Eine Lücke droht also. Das Hubble-Teleskop müsste allerdings, um über 2010 hinaus zu funktionieren, zweimal gewartet werden – eine Kostenfrage. Trotz irdischer Großteleskope in Chile, auf Hawaii oder neuerdings verstärkt auf den Kanarischen Inseln (S. 62) gilt aber: »Ein Teleskop im All ist besser als eins auf dem Reißbrett« (siehe S. 18).

ANZEIGE

INHALT

Astro-News 8
Babyboom bei Schwarzen Löchern, Sonnenfackeln, Marsfärbung u. a.

Mission Update 15
Zukunft der Raumfahrt, Nachruf auf Galileo, SIRTF-Start u. a.

▶ **Die Zukunft von Hubble** 18
Die spannendsten Bilder des erfolgreichen Weltraumteleskops

Van Goghs Mondaufgang 26
Was Astronomen in Gemälden des berühmten Künstlers entdecken

▶ **Jahr der Entscheidung** 30
Eta Carinae – Schlüssel zu den Rätseln der Astrophysik

▶ **Ozeane im Sonnensystem** 36
So mancher Mond beherbergt verborgene Meere in seinen Tiefen

Kaleidoskop 42
Sternenwiege: Omeganebel M 17

SKYLINE

Deep Sky 44
Die Mähne des Pegasus

Fokus 46
Fixsterne sind die wahren Stars

Planetarium 47
Die mächtigsten aller Sternbilder

Feldstechertipp 51
M 52 in Kassiopeia

Kleinteleskope 52
Jagd auf den Helixnebel

Highlight 54
Encke krönt die Kometenparade

Schauplatz Mond 56
Am Landeplatz von Apollo 17

SZENE

Favorit am Himmel 59
Andreas Eschbach: Andromedanebel

▶ **Porträt** 60
Sigmund Jähn – der erste Deutsche im All

▶ **Unterwegs** 62
Größtes Gammateleskop auf La Palma

Titelbild: Der »Katzenaugennebel« NGC 6543. Bild: J. P. Harrington und K. J. Borkowski (Univ. of Maryland), Nasa

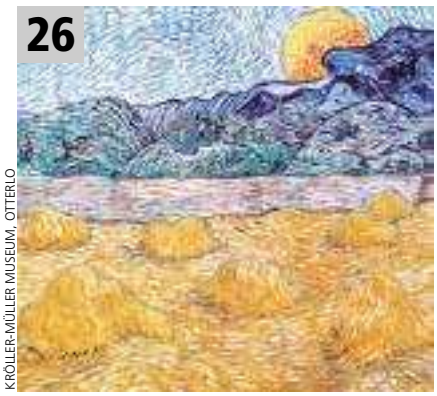
Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM / STSCI

TITELTHEMA

Bangen um Hubble

Werden bemannte Missionen das Weltraumteleskop in Schuss halten? Oder verglüht es entgegen den Wünschen der Forscher in der Atmosphäre? Wir zeigen Bilder, die Hubble berühmt machten

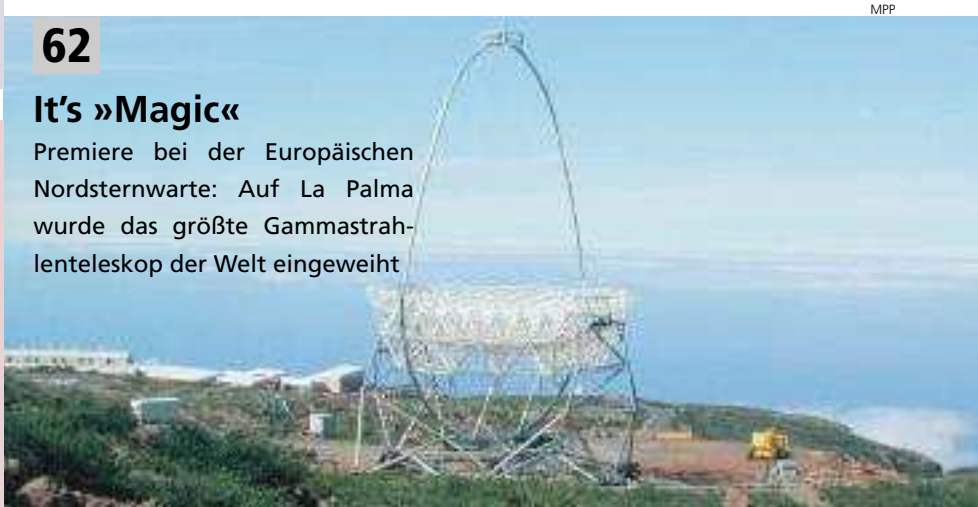


KRÖLLER-MÜLLER MUSEUM, OTTERLO

Astronomischer Kunstgriff

Himmelskonstellation wie zu van Goghs Zeiten: So gelang es Astronomen, den »Mondaufgang« des berühmten Malers auf die Minute genau zu datieren

MPP



It's »Magic«

Premiere bei der Europäischen Nordsternwarte: Auf La Palma wurde das größte Gammastrahlenteleskop der Welt eingeweiht

Prüfstein der Astronomen 30

Eta Carinae überlebte eine gewaltige Explosion. Als einer der massereichsten Sterne erlaubt er uns Blicke in das junge Universum

VOLKER WENDEL, BERND FLACH-WILKEN

Pionier im All

Als erster Deutscher schaffte Sigmund Jähn vor 25 Jahren den Sprung in den Weltraum

60

JÄHN / DLR

Planetenfotografie mit der Webcam 76

So gelingen Ihnen mit preiswerten Webcams und wenig Aufwand beeindruckende Planetenaufnahmen

ERIC NG

86

CRAIG MICHAEL UTTER / S & T

Kinderleicht

Das superkompakte StarBlast-Teleskop von Orion war der Liebling der S&T-Redaktion. Unser Urteil: Lichtblick für Einsteiger

SZENE

Kippenhahns Sternstunde 64
Ebbe und Flut: Wie uns der Mond die Gezeiten bringt

Events 66

TIPPS&TOOLS

Glanzlichter 68

Teleskoptechnik 74
So bestimmen Sie die Grenzgröße Ihres Teleskops

▶ **Astrofotografie** 76
Webcams setzen Jupiter & Co. in Szene

Neuheiten 82

Astronomie Online 83
Der Rote Planet im WWW

Screenshot 84
Eye & Telescope

▶ **Testreport** 86
Lichtblick für Einsteiger: das Orion StarBlast

Editorial 3

Leserbriefe/Leser fragen – Experten antworten 6

Krupps Corner 92
Der infrarote Himmel

Preisrätsel/Kleinanzeigen 96

Vorschau/Impressum 98

LESERBRIEFE

Perfekter Volltreffer

Ihre Zeitschrift ist ein so perfekter Volltreffer, wie man sich ihn für die Erde aus dem Kosmos nicht wünscht!

Horst Domogalski, Potsdam

Der zweimonatige Erscheinungszeitraum kommt mir sehr entgegen, da ich ansonsten mit dem Lesen gar nicht nachkäme.

Henrik Roes, Speyer

Ein großes Lob für eure Zeitschrift. Informativ und aktuell. Super!! Aber einen klitzekleinen Kritikpunkt habe ich nun doch: Sie erscheint nur alle zwei Monate.

Jan Seemann, per E-Mail

Nicht unterschätzen

... Um so erstaunter war ich, dass auch ein Camcorder-Einsteigermodell interessante Möglichkeiten für astronomische Beobachtungen bietet. Zehnfach optischer Zoom plus digitale Vergrößerung ließen mich den Mars als leicht rötliche Fläche (!) abfilmen und kurz nach Sonnenaufgang bei extrem geringer Verschlusszeit und kleiner Blende sogar Sonnenflecken beobachten. Moderne Camcorder sollte man also nicht unterschätzen.

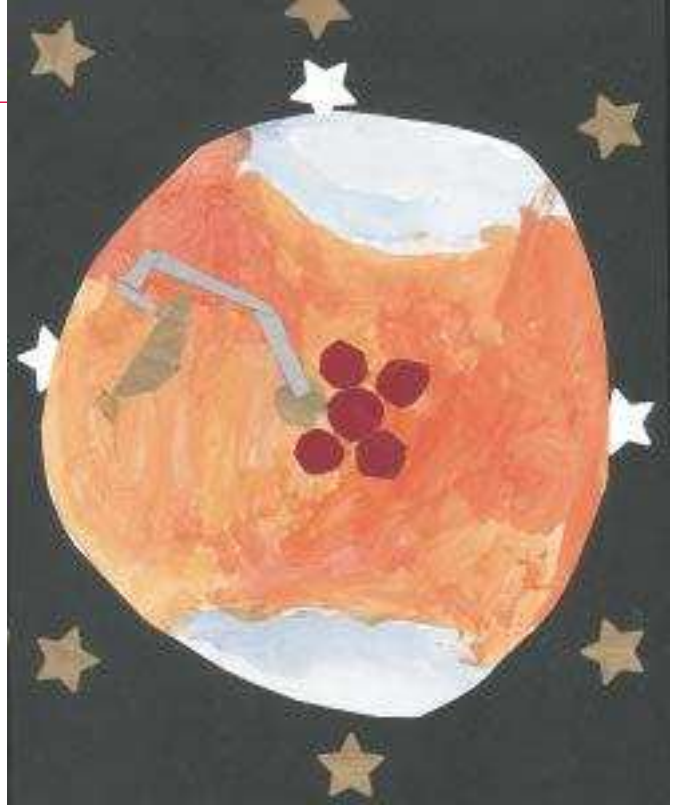
Karsten Strey, Hamburg

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: (06221) 9126-769
E-Mail: ah@spektrum.com

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.



Beagle 2 auf Mars

Der 6-jährige Weltall-Fan Felix Riethmüller aus Hannover malte und bastelte dieses Bild – nach einem Blick in AH und einem durchs Teleskop.

Sternkarte zum Sammeln?

Zur Rubrik »Planetarium«

Ist es möglich, die abgebildete Sternkarte in den Heften so zu verkleinern, dass sie auf eine Seite passt? Sie wäre dann zum Sammeln etwas praktischer.

Jürgen Lindau, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Sie wäre vielen Lesern dann wohl zu klein. Wir platzieren sie aber stets in der Mitte des Hefts, sodass sich die Doppelseite leicht heraustrennen lässt.

AH als Sternlexikon?

Meine Bitte an Sie wäre, dass man in jeder Ausgabe auf einer Seite jeweils ein oder zwei bekannte Fixsterne ausführlichst vorstellen sollte, zumindest alle ca. 320 Sterne mit Eigennamen, des Weiteren populäre Veränderliche (wie Mira, Algol oder Sheliak), geläufige Doppel- und Mehrfachsterne (Kapella, Mizar, Albireo etc.) und einige dutzend weitere interessante Objekte.

Thomas Wagner, Wörth am Main

Immer noch nicht ausgerottet

»Global Killers«, AH 4/2003, S. 20

Im Artikel »Global Killers« wurden Geschwindigkeitsangaben wie »Sekundenkilometer« verwendet. Dies missfällt mir sehr, da es auch die immer noch nicht ausgerottete »Stundenkilometer«-Krankheit mit neuer Nahrung versorgt.

Bernd Montag, per E-Mail

Mit 1,4 Promille erwischt

Editorial, AH 4/2003, S. 3

Ich bin begeisterter Leser Ihrer Zeitschrift, die mich als Geologe und Hochschullehrer auch beruflich interessiert. Ihr Leitartikel ist sehr interessant, wenngleich die These des Dinosaurieraussterbens nicht allein mit dem Yucatán-Impakt zu erklären ist.

Was mich aber veranlasst Ihnen zu schreiben, ist eine irreführende Zahl, die die Relation zwischen Kreide/Tertiär-Ereignis vor 65 Millionen Jahren und der Entstehungszeit der Erde vor 4,55 Milliarden Jahren betrifft.

Ihre Angabe von 1,4 Promille ist unglücklicherweise um eine Zehnerpotenz zu niedrig angegeben. Der tatsächliche Wert ist etwa 1,4 Prozent.

Helmut Weller, Greifswald

Kaufen im eigenen Land

Leserbriefe, AH 4/2003, S. 9

Warum verweisen Sie in Ihrer Antwort auf einen Leserbrief auf den britischen Händler www.televue.co.uk? Wollen Sie, dass die Kunden im Ausland kaufen, was es im Inland auch gibt?

Ludwig F. Grandy, www.astro-experts.at

Antwort der Redaktion:
Das ist nicht unsere Absicht. Wir achten in Zukunft verstärkt auf die Nennung von Händlern in unserem Verbreitungsgebiet.

Errata

Die Erde steht der Sonne nicht im Juni am nächsten, wie wir in der September/Oktober-Ausgabe auf S. 12 in »Aufgebläht« behaupteten, sondern in der ersten Januarwoche, wie uns neben anderen Hans Schöner schrieb. Was wir meinten: Im Juni erreicht die Länge der Tage auf der Nordhalbkugel ihr Maximum, was in der Folge sommerliche Temperaturen bewirkt.

Auch der Asteroidengürtel liegt nicht, wie wir auf S. 24 schrieben, zwischen Erd- und Marsbahn, sondern zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter. Diesen ebenfalls zutreffenden Hinweis gab Hans-Heinrich Hogrefe.

Ich habe gehört, in der Raumfahrt sollen künftig immer mehr Ionentriebwerke eingesetzt werden. Wie funktionieren solche Triebwerke?

Lars Oliver Müller, Offenbach

Die Antwort gibt Michael Khan. Der Missionsanalytiker beim europäischen Weltraumoperationszentrum Esoc in Darmstadt ist für die mit einem Ionentriebwerk ausgerüstete europäische Mondmission Smart-1 zuständig.

Eine wesentliche Kenngröße in der Raketentechnik ist neben der Schubkraft die Geschwindigkeit, mit der die »Stützmasse« aus dem Triebwerk ausgestoßen wird. Je höher sie ist, desto weniger Treibstoff wird verbraucht. Konventionelle Triebwerke erreichen maximale Ausstoßgeschwindigkeiten von bis zu 4,5 Kilometern pro Sekunde.

Ionentriebwerke, auch bekannt als »elektrische Triebwerke«, überspringen diese Hürde mühelos – mit Werten von dreißig Kilometern pro Sekunde und mehr. So sinkt der Treibstoffverbrauch um bis zu 85 Prozent, und es lässt sich mehr Nutzlast transportieren.

Ionentriebwerke funktionieren zwar wie konventionelle Raketentriebwerke nach dem Rückstoßprinzip, haben aber keine Brennkammer und keine Düse, eine chemische Reaktion findet nicht statt. Die Energie, die der Abgasstrahl mit sich führt, stammt nicht aus dem Treibstoff selbst, sondern wird mithilfe elektrischen Stroms zugeführt.

Als Treibstoff dienen schwere Edelgase wie Xenon. Schnelle Elektronen schlagen aus der Hülle des Xenons Elektronen heraus, sodass positiv geladene Xenon-Ionen entstehen. Ein starkes elektrisches Feld im Triebwerk beschleunigt die Ionen zum Triebwerksaustritt hin. Dabei übertragen sie einen Impuls in entgegengesetzter Richtung auf den Satelliten oder das Raumschiff. Den ausgestoßenen positiven Ionen werden negative Elektronen hinterhergeschickt, um sie zu neutralisieren. Sonst würde sich das Raumfahrzeug negativ aufladen und die positiv geladenen Ionen wieder anziehen.

Da die elektrische Bordleistung meist nur einige Kilowatt beträgt, liefern heutige Ionentriebwerke nur sehr schwachen Schub. Typische Werte liegen unter 0,1 Newton: Das entspricht gerade einmal einem Zehntel der Schwerkraft, mit der uns auf der Erde eine Tafel Schokolade aus der Hand gezogen wird! Folglich werden solche Triebwerke auch nicht für den Start von der Erdoberfläche eingesetzt, sondern kommen erst im Orbit zum Einsatz.

Ionentriebwerke setzt man bereits in geostationären Satelliten ein, aber auch in der US-Sonde Deep Space 1 und der japanischen Hayabusa. Die europäische Mondsonde Smart-1 (siehe ASTRONOMIE HEUTE 4/2003, S. 18) besitzt ebenfalls ein Ionentriebwerk. Künftig soll die neue Antriebsart inbesondere bei interplanetaren Sonden eingesetzt werden, bei denen es auf hohe Nutzlasten ankommt und lange Beschleunigungszeiten akzeptabel sind, aber auch bei Weltraumteleskopen und physikalischen Experimenten im All, wo gerade der sanfte Schwachschub von Vorteil ist.

Für spezielle Aufgaben, etwa die allmähliche Beschleunigung interplanetarer Sonden, sind Ionentriebwerke (hier eine Illustration) hervorragend geeignet.

AOES MEDIALAB/ESA

In Bob Bermans Buch »Wunder des Nachthimmels« las ich: »Der Stern Arktur nimmt einen besonderen Weg um den Mittelpunkt unserer Galaxis: Er meidet die galaktische Hauptebene und erhebt sich senkrecht aus der flachen Spirale der Milchstraße, in die er beim Abstieg wieder eintauchen wird.« Wie ist das zu erklären?

Bruno Schrattenholz, Wittstock

Die Antwort gibt Johny Setiawan vom Heidelberger Max-Planck-Institut für Astronomie. Der Physiker und Astronom analysiert die Geschwindigkeit von Sternen, um aus ihren Charakteristiken auf die mögliche Existenz von Planeten in deren Umgebung zu schließen.

Es stimmt nicht mit wissenschaftlichen Veröffentlichungen überein, dass Arktur (auch Alpha Bootis, im Sternbild Bärenhüter) eine senkrechte Bahn zur Rotationsebene der Milchstraße verfolgt. Arktur hat eine Geschwindigkeitskomponente von nur 3,1 Kilometern pro Sekunde senkrecht zur galaktischen Ebene (und bewegt sich übrigens mit 24,6 km/s zum galaktischen Zentrum hin; zum Vergleich: die Sonne tut das mit 9 km/s). Ich habe Ihre Frage mit Kollegen diskutiert: Es ist schwer zu verstehen, wie eine von Berman beschriebene Bahn angesichts der Gravitationskräfte in der Galaxis und des Satzes der Drehimpulserhaltung überhaupt möglich sein sollte. Uns zumindest sind keine solchen Fälle bekannt.

Stellen Sie uns Ihre Frage zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten. Die interessantesten Beiträge werden wir auf dieser Seite abdrucken.

SONNENFORSCHUNG

Im Licht der Fackeln

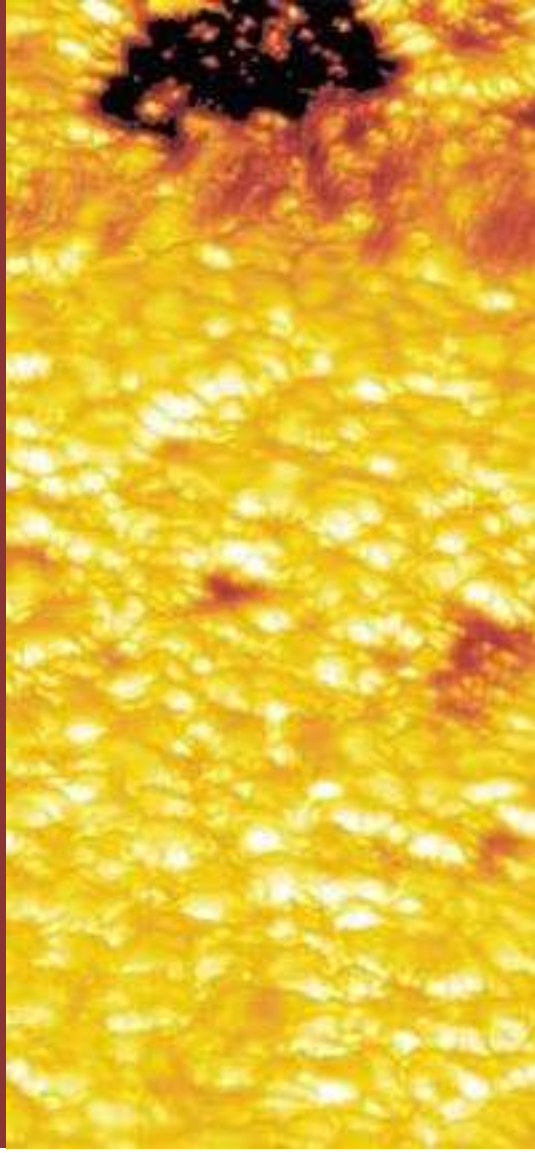
Sonnenfackeln sind eine der auffälligsten Erscheinungen, die unser Stern zu bieten hat: unregelmäßige, helle Stellen in der Nähe von Sonnenflecken am Rand unseres Zentralgestirns. Im Zentrum der Sonnenscheibe sind sie dagegen nie zu finden. Die frühere Annahme, dass die Fackeln helle Wolken über der Sonnenoberfläche sind, hatte sich als falsch erwiesen. Danach blieb das Geheimnis dieses Phänomens lange Zeit ungelöst. Bis jetzt.

Nun haben Sonnenastronomen unter der Leitung von Tom Berger (Lockheed Martin Solar and Astrophysics Lab) mit dem Schwedischen Sonnenteleskop (SST) der Europäischen Nordsternwarte (Eno) auf La Palma (siehe »Magic zaubert auf La Palma«, S. 62) hoch aufgelöste Bilder des Sonnenrands aufgenommen, die das Rätsel lösen.

Da die Aufnahmen in einem sehr flachen Winkel zur Sonnenoberfläche gemacht werden, sieht man diese dreidimensional. Die extrem scharfen Bilder des SST zeigen die Granulen – heiße, aufsteigende Gasblasen mit einem Durchmesser von 1000 bis 3000 Kilometern – als Hügel.

Viele dieser Granulen haben sehr helle Flanken, die nur dann für uns sichtbar sind, wenn wir wie am Sonnenrand in einem flachen Winkel über die solare Hügellandschaft blicken. Liegen nun viele dieser Flanken eng nebeneinander, so überstrahlen sie die dunkleren Zwischenräume und erscheinen als heller Fleck – als »Fackel«. Einzelne Granulen entstehen und vergehen in wenigen Minuten. »Wir arbeiten gerade an Filmen von den Fackeln, um zu sehen, wie sie sich in Relation zu den Granulen bewegen«, so Berger.

>> Stephen Koszudowski



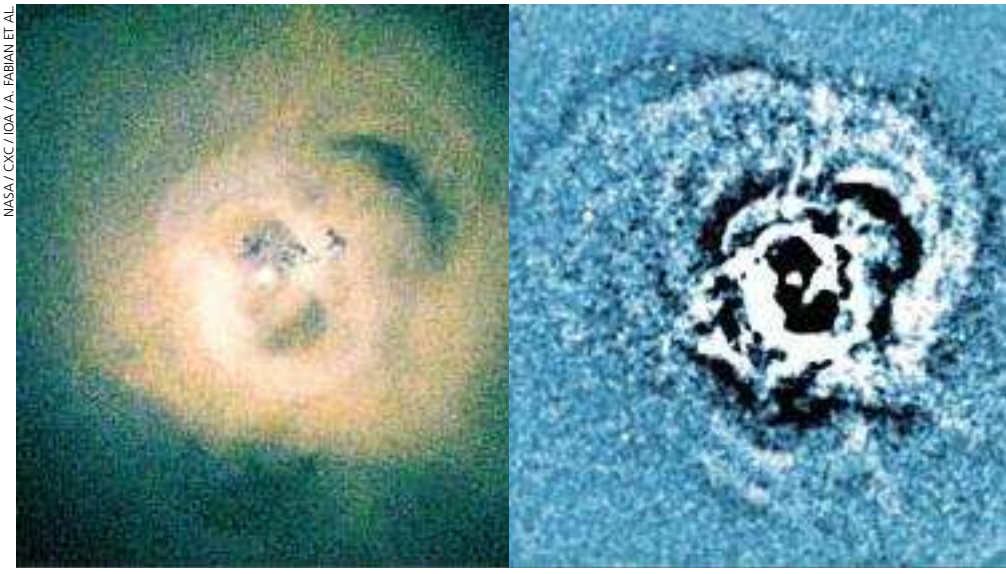
Sonnenoberfläche in 3-D. Das Sonnenteleskop SST schoss diese Aufnahme aus einem flachen Winkel. Hügel und Täler sind deutlich sichtbar. Zur Kontrastverstärkung wurde das Schwarz-Weiß-Bild koloriert.

SCHALLWELLEN IM ALL

Der Gesang der Schwarzen Löcher

Mächtige Bässe dröhnen durchs Universum, wie Forscher um Andrew Fabian vom Institute of Astronomy im englischen Cambridge festgestellt haben. Ein Schwarzes Loch im Perseus-Galaxienhaufen, so zeigten Aufnahmen des Chandra-Röntgenobservatoriums, sendet nicht nur immense Mengen an Strahlung und Hitze aus, sondern offenbar auch Schallwellen. Ihre Frequenz

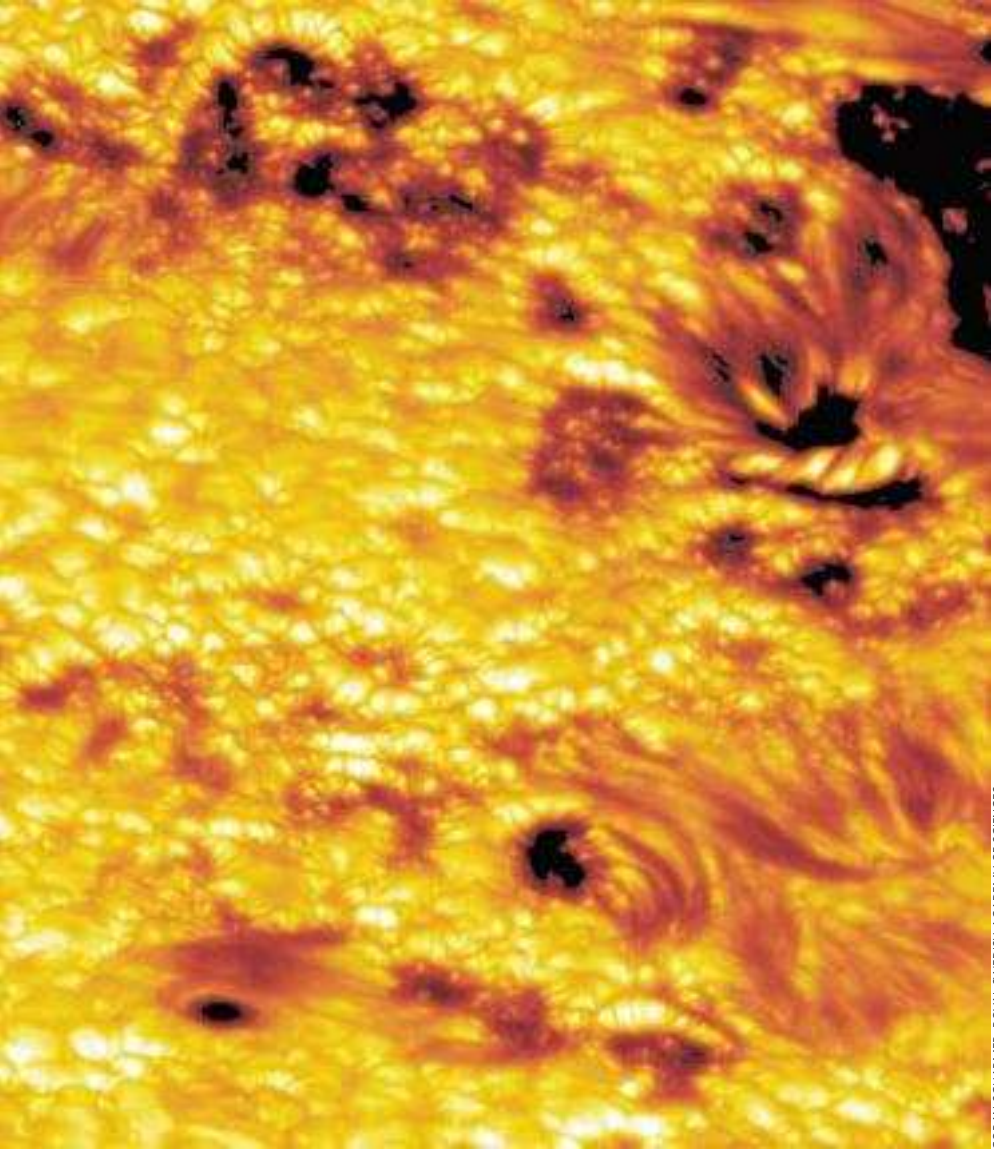
NASA / CXC / IOA / A. FABIAN ET AL.



Hämmernde Bässe. Ein 53-stündiger Röntgenblick in die Zentralregion des Perseus-Galaxienhaufens (links) spürte wellenähnliche Strukturen (rechts) auf, bei denen es sich wahrscheinlich um Schallwellen handelt.

►► Vermutlich keine Gefahr durch neu entdeckten Asteroid +++ Hubble Space Telescope soll bis 2010 in Betrieb bleiben

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie

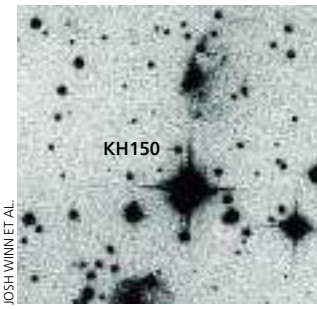


GORAN SCHARMER, ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

JUNGE STERNE

Kosmisches Augenzwinkern

Letztes Jahr bemerkten Astronomen überrascht, dass ihnen ein sehr junger Stern in 2400 Lichtjahren Entfernung scheinbar zublinzelt: Alle 48 Tage verfinstert er sich für zwanzig Tage. Vergleiche mit älteren Aufnahmen zeigten schnell, dass es sich hier um einen Glückstreffer handelt, denn KH 15D im Sternbild Einhorn blinzelte Anfang des 20. Jahrhunderts noch nicht. Die Astronomen vermuten nun, dass sie Zeugen von rasanten Veränderungen in der protoplanetaren Scheibe des Sterns werden und so einen Teil der Entstehungsgschichte von Planeten miterleben können. >> Stephen Koszudowski



JOSH WINN ET AL.

Selten geschieht es, dass Astronomen mitbekommen, wie sich ein junger Stern dramatisch verändert. KH 15D, der jetzt anfing zu »blinzeln«, weckte daher ihre Begeisterung.

entspricht der Note B, 57 Oktaven unter dem eingestrichenen C – weit unter dem für Menschen hörbaren Bereich.

Die Entdeckung scheint zu erklären, warum Galaxienhaufen so viel heißes Gas enthalten. Eigentlich sollte sich dieses durch die Aussendung von Röntgenstrahlen abkühlen. Tatsächlich aber wird es wohl von hindurchwandernden Schallwellen warm gehalten.

Diese Wellen entstehen dort, wo die Materie-»Jets« des Schwarzen Lochs das Gas verdrängt haben. Für die Schaffung solcher Hohlräume ist die Energie von 100 Millionen Supernovae erforderlich. Einen Teil dieser Energie tragen schließlich Schallwellen mit sich fort.

Die Puste scheint dem Schwarzen Loch dabei nicht auszugehen: Die Astronomen glauben, dass es das tiefe B schon 2,5 Milliarden Jahre lang hält. >> tk

GALAXIENFORSCHUNG

Im Universum geht langsam das Licht aus

Schon seit einigen Milliarden Jahren entstehen im Kosmos nicht mehr genügend neue Sterne, um alte, sterbende Sonnen zu ersetzen. Deshalb wird das Universum langsam dunkler, berichten jetzt britische und amerikanische Astronomen. Die Forscher untersuchten die Strahlung von insgesamt 40 000 Galaxien, um die Sternentstehungsrate zu bestimmen.

»Unsere Analyse zeigt, dass das Zeitalter der Sternentstehung zu Ende geht«, erläutern Alan Heavens und Ben Panter von der Edinburgh University und Raul Jimenez von der University of Pennsylvania. »Die Anzahl der neu entstandenen Sterne in den von uns untersuchten Galaxien geht seit rund sechs Milliarden Jahren stetig zurück.« Zum Vergleich: Unsere Sonne ist vor rund 4,5 Milliarden Jahren entstanden.

Frühere Untersuchungen an extrem weit entfernten Galaxien hatten bereits darauf hingedeutet, dass in der Frühzeit des Kosmos die Sternentstehungsrate größer war als heute. Das neue Verfahren basiert auf der Farbe der Galaxien: Junge Sterne senden vor allem blaues Licht aus, während alte Sterne eher rötlich leuchten.

Erscheint also eine ganze Galaxie eher rötlich, so ist dies ein sicheres Zeichen für ihre Überalterung und das Fehlen junger Sterne. >> Rainer Kayser

Lebensbaustein Glycin in drei Molekülwolken nachgewiesen + + + Nasa plant für 2007 weitere Mars-Mission >

VENUS

Zeit für Evolution?

Zwei Milliarden Jahre lang soll auf Venus ein erdähnliches Klima geherrscht haben, so die Behauptung von David Grinspoon vom Southwest Research Institute in Texas. Zeit genug, dass ihre damaligen Ozeane Leben hätten hervorbringen können.

NASA / JPL

Forscher gehen bislang davon aus, dass dieses Zeitalter nur 600 Millionen Jahre andauerte. Wie Grinspoon dem Wissenschaftsmagazin »New Scientist« sagte, berücksichtige sein Venusklimamodell aber auch Wolken und sei daher zuverlässiger als bisherige Schätzungen.

Nur extrem widerstandsfähige Organismen dürften allerdings bis heute überdauert haben. Sicher ist: Längst hat ein extremer Treibhauseffekt auf Venus alles Wasser verdunsten lassen. Aus ihren Wolken regnet jetzt Schwefelsäure und auf ihrer 480 Grad Celsius heißen Oberfläche würde selbst Blei zerfließen.

Einst ein blauer Planet. **Dieser Radarblick auf Venus durchdringt die dicke ockerfarbene Wolkenschicht des Planeten und enthüllt Strukturen seiner Oberfläche. Die Farben sind realitätsnah simuliert.**

KOSMOLOGIE

Die dunkle Seite der Astronomie

Neue Erkenntnisse werfen Licht auf die »dunklen« Bestandteile unseres Universums. Dunkle Energie nennen die Astronomen eine bislang rätselhafte Form der Schwerkraft, die – statt anziehend – abstoßend wirken soll und so die Ausdehnung des Universums beschleunigt. Helligkeitsmessungen an Supernovae vom Typ Ia (vgl. ASTRONOMIE HEUTE 4/2003, »Anatomie einer Supernova«, S. 28) mithilfe des Hubble-Weltraumteleskops belegten nun erneut, dass drei Viertel der Masse und der Energie des Universums der Dunklen Energie zuzurechnen sind.

Um was für eine Kraft es sich bei der Dunklen Energie genau handelt, bleibt unklar. Die neuen Daten mit ihrer extrem hohen Präzision deuten darauf hin, dass Einsteins Idee einer »kosmologischen

NEPTUN

Eingefangen

Eigentlich sollte die Umlaufbahn des drittgrößten Neptunmonds Nereid etwa in derselben Ebene wie der Äquator seines Planeten liegen – denn darin sammelte sich vor fünf Milliarden Jahren auch der Staub, der schließlich die Planeten und Monde des Sonnensystems bildete. Tatsächlich aber sind die Ebenen um 28 Grad gegeneinander geneigt.

Neue Berechnungen zeigen nun, dass Nereid nicht gemeinsam mit Neptun entstand, sondern eingefangen wurde. Nur so lässt sich seine ungewöhnliche Bahn erklären. Zudem wäre seine jetzige Eigendrehung geringer, wenn er früher auf einer regulären Bahn um Neptun gekreist wäre: Dann hätte ihn dieser stärker abgebremst.

Übrigens kam Neptun auf diese Weise nicht nur zu Nereid. Auch seinen größten Trabanten, Triton, fing der Gasplanet einst ein. >> tk

ARCHÄOLOGIE

Ältestes Sonnenobservatorium Europas entdeckt

Das bisher älteste Sonnenobservatorium Europas graben derzeit Archäologen der Universität Halle in Goseck, Sachsen-Anhalt, aus. Die 7000 Jahre alte Kreisgrabenanlage beweist nach Ansicht von Archäologen wie auch von Astronomen, dass schon die Ackerbauern der Jungsteinzeit den Lauf der Himmelskörper beobachteten und diesen als Kalender für Aussaat und Ernte benutzten.

Die zur »stichbandkeramischen Kultur« gehörenden Funde von Goseck weisen auf eine Entstehungszeit zwischen 5000 und 4800 v. Chr. hin. In Stonehenge I wurde erst 2000 Jahre später der erste Graben ausgehoben. Goseck ist damit die bisher älteste bekannte Kultstätte Mitteleuropas. Der Fundort der kreisförmigen Anlage liegt

LANDESAMT FÜR ARCHÄOLOGIE SACHSEN-ANHALT / G. PIE

nur 25 Kilometer entfernt vom Sensationsfund des letzten Jahres, der rund 3600 Jahre alten Himmelsscheibe von Nebra. Astronomische Beobachtungen in Goseck könnten also in direkter Linie zu dieser bisher ältesten konkreten Himmelsdarstellung der Welt geführt haben.

Die Anlage besteht aus einem von drei Toren unterbrochenen Ringwall mit 75 Meter Durchmesser sowie zwei im Innern liegenden konzentrischen Krei-

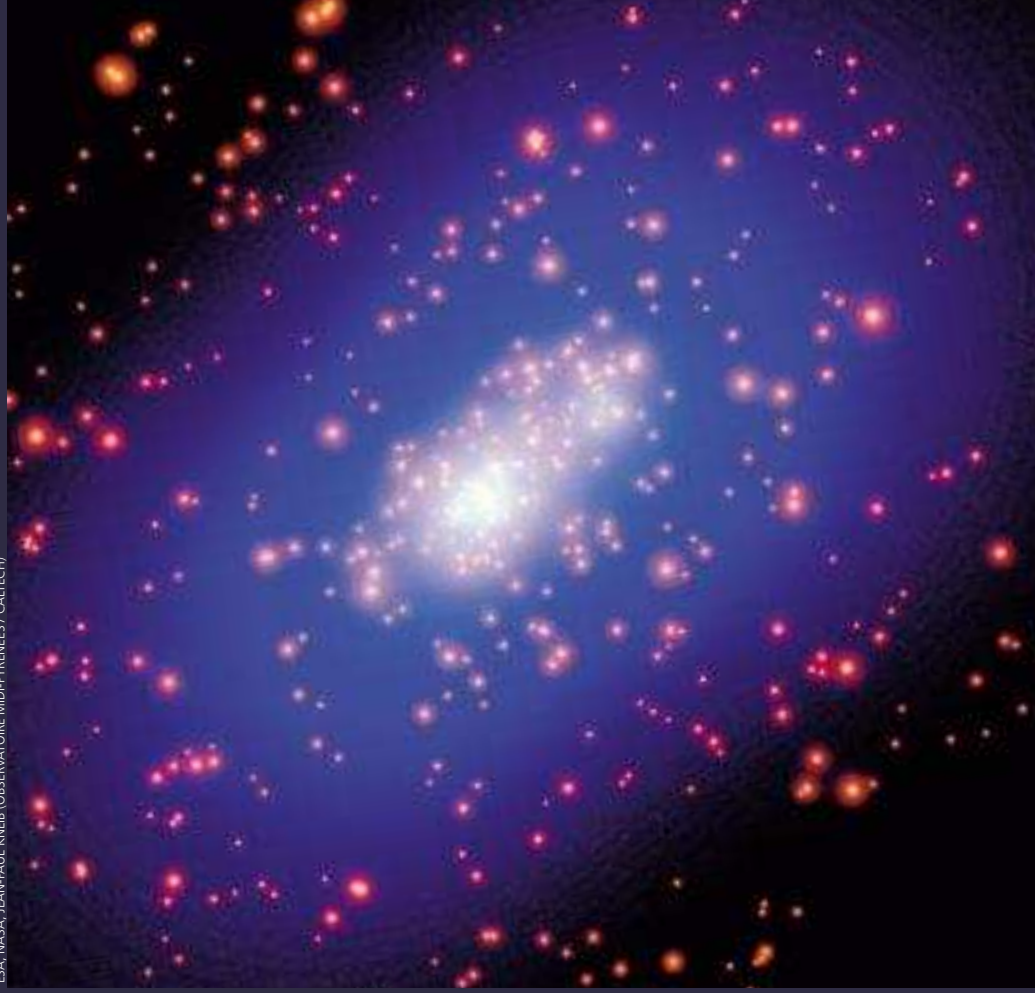
> **Europäisches Teleskop fotografiert Halleyschen Kometen in Rekordentfernung +++ Himmelsscheibe von Nebra: Bewährungs-**

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie

Konstanten« eine Erklärung liefern könnte: Dann ließe sie sich als expansiv wirkender »Druck des Vakuums« verstehen.

Unterdessen wächst auch das Wissen über die Natur der Dunklen Materie. Weil diese nicht leuchtet, können wir sie nicht direkt nachweisen. Dennoch muss sie vorhanden sein, weil nur ihre Anwesenheit die Geschwindigkeiten erklären kann, mit denen Sterne das Zentrum ihrer Muttergalaxie umkreisen.

Kürzlich erstellten Astronomen die nebenstehende Karte des Galaxienhaufens CL 0024+1654. Die vermutete Dunkle Materie markierten sie blau, leuchtstarke Galaxien rot. Sie zeigt, dass dort, wo sich viele Galaxien drängen, auch viel Dunkle Materie existiert – ihre Schwerkraft macht sie zum »Klebstoff«, der den Galaxienhaufen zusammenhält. >> tk



ESA, NASA, JEAN-PAUL KNEIB (OBSERVATOIRE MIDI-PYRÉNÉES / CALTECH)

Unsichtbares sichtbar gemacht
Die vermutete Dunkle Materie im Galaxienhaufen CL0024+1654 im Sternbild Fische ist blau eingefärbt.

LANDESAMT FÜR ARCHÄOLOGIE SACHSEN-ANHALT / K. SCHAUER

Wintersonnenwende in Goseck (oben, Rekonstruktion). Links ein Luftbild der Ausgrabungsstätte.

sen, in denen früher Holzpalisaden steckten. Die im Südwesten und Südosten liegenden Tore markieren nach Professor Wolfhard Schlosser von der Ruhr-Universität Bochum den Sonnenauf- und -untergang zur Wintersonnenwende in der damaligen Zeit. Die in der Anlage gefundenen Kultgräber und Knochenreste deuten darüber hinaus darauf hin, dass dort auch rituelle Handlungen vollzogen wurden. >> sf

EUROPÄISCHE NORDSTERNWARTE

Größtes Roboterteleskop der Welt

Europas neuestes Teleskop hat Ende Juli am Observatorio del Roque de los Muchachos auf der kanarischen Insel La Palma (siehe S. 62) die ersten Bilder geliefert. Mit einem Primärspiegel von zwei Meter Durchmesser ist es das größte fernsteuerbare, vollautomatische Fernrohr der Welt.

Es gehört der John Moores University im englischen Liverpool und wurde von deren Tochterfirma Telescope Technologies Ltd. (TTL) gebaut, die sich auf die Serienproduktion von Roboter-Teleskopen der Meterklasse spezialisiert hat.

Weitere Geräte von TTL sind das »Faulkes Telescope North« auf dem hawaiianischen Haleakala (in Betrieb seit 7. August), das ab 2004 einsetzbare »Faulkes Telescope South« am Siding Spring Observatory im australischen New South Wales und der in Bau befindliche 2,4-Meter-Reflektor für die chinesische Yunnan-Sternwarte.

Fünf Prozent der Beobachtungszeit am »Liverpool« stehen übrigens britischen Schulen zur Verfügung. Erfolge wurden schon vermeldet: Bei Workshops, in denen Schüler den Umgang mit dem Gerät lernen, entdeckten die Teilnehmer bereits vier Sternexplosionen in »Bodes Galaxie« M81 im Sternbild Großer Bär.

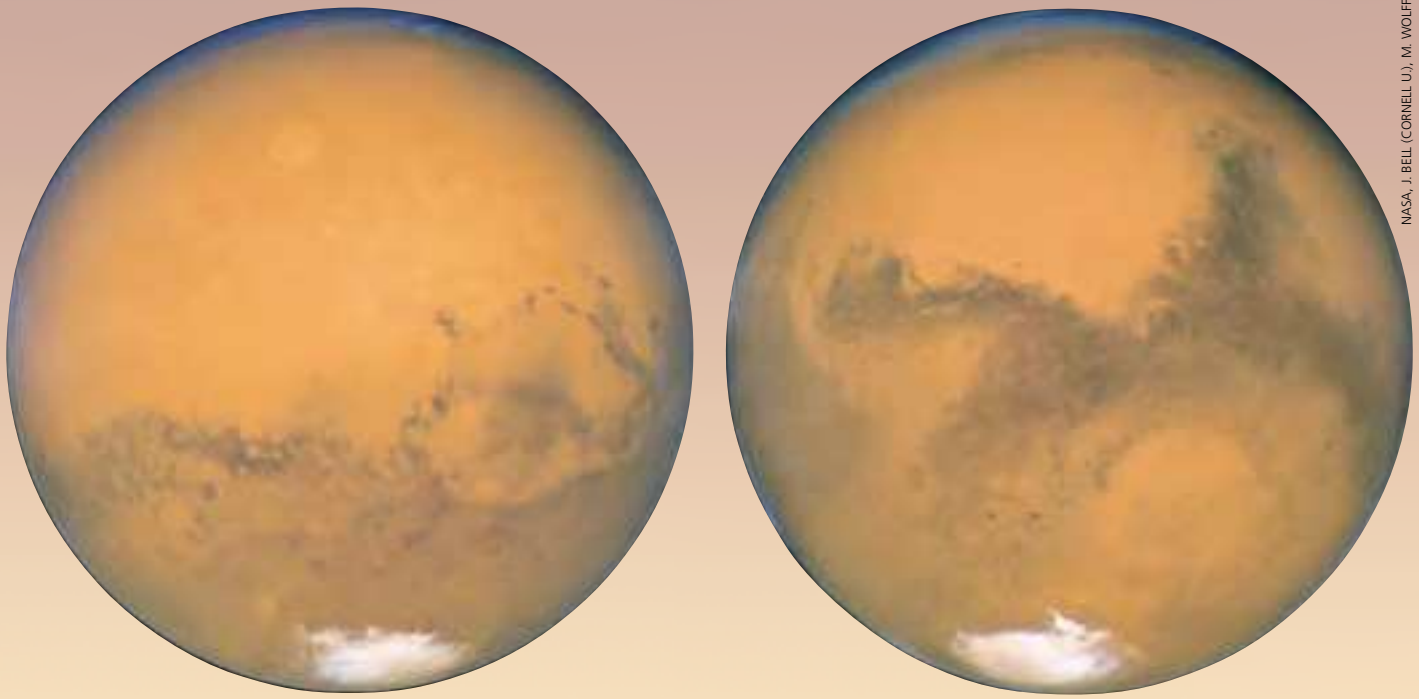
>> dre

http://telescope.livjm.ac.uk

Das »Liverpool«
Dieses 2-Meter-f/10-Ritchey-Chrétien-System hat eine azimutale Montierung. Seine Steuerung basiert auf der des benachbarten William-Herschel-Teleskops.

JMU / TTL

strafen für zwei Hehler +++ Fast sechs Jahre Haft für Handel mit gestohlenem Mondgestein +++ Hochzeit im All >



NASA, J. BELL (CORNELL U.), M. WOLFF (SSI)

Die beiden Hemisphären des Roten Planeten am Tag der größten Annäherung, dem 27. August 2003, wie das Hubble-Weltraumteleskop sie sah.

MARS

Färbten Meteoriten den Mars rot?

Auch wenn die Sedimente in den hohen Breiten des Mars große Mengen an gefrorenem Wasser enthalten und damit dem irdischen Permafrostboden gleichen, bleibt eine Frage offen: War dieses Wasser jemals flüssig und konnte so einst die Täler und Küstenlinien des Mars prägen?

Das Vorkommen von Karbonaten auf dem Mars – Kalksteinen, die durch Fällung im Meer entstehen und hier auf der Erde mitunter viele tausend Meter mächtige Ablagerungen bilden – könnte alle Zweifel daran ausräumen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

»Er ist doch näher, als ich dachte!«

Tatsächlich haben die Instrumente der US-Planetensonde Mars Global Surveyor solche Verbindungen nun endlich nachgewiesen. Für die Anhänger des Modells eines einst warmen und feuchten Marsklimas sind die Daten jedoch eine herbe Enttäuschung. Denn nur der auf der Oberfläche allgegenwärtige Marsstaub besteht zu zwei bis fünf Prozent aus Karbonaten. Die blanken Gesteine des Mars sind hingegen gänzlich kalkfrei. Nach Ansicht einer Arbeitsgruppe um Philip Christensen von der Arizona State University hat sich das Karbonat im Marsstaub nicht in Gewässern gebildet. Stattdessen könnte es beim Kontakt des Staubs mit Wasserdampf in der Marsatmosphäre entstanden sein.

Auch ein anderes Argument für die Existenz von flüssigem Wasser auf Mars hat seine Kraft verloren: das viele Eisen, das den Mars rot erscheinen lässt. Bisher war man davon ausgegangen, dass es von Wasser aus den Marsfelsen herausgewaschen wurde und sich als Rost auf der Oberfläche niederschlug.

Die Daten der Mars Pathfinder Mission zeigen nun, dass sich der rote Marsstaub chemisch deutlich vom Felsgestein unterscheidet. Albert Yen vom Jet Propulsion Laboratory (Pasadena) und seine Mitarbeiter vermuten deshalb, dass der Marsstaub gar nicht das Produkt der Verwitterung festen Marsgesteins ist. Sie gehen vielmehr davon aus, dass das Eisen aus dem Weltall stammt und in einem Meteoritenregen auf die Oberfläche des Planeten niederprasselte. Über Jahrmillionen lagerte sich Eisen auf dem Himmelskörper ab und machte ihn zum Roten Planeten.

Im Labor simulierten Forscher der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa hierzu die Bedingungen der Marsatmosphäre in einem Testbehälter und senkten die Temperaturen darin auf –60 Grad Celsius ab. Das im Gasgemisch enthaltene Eisen bestrahlten die Wissenschaftler mit ultraviolettem Licht. Innerhalb von nur einer Woche färbte sich das Eisen rot, ohne dass ein einziger Tropfen Wasser im Spiel gewesen war. Das Eisen aus den größtenteils staubfeinen Meteoriten könnte also auf dem Mars auch ganz ohne Wasser »gerostet« sein und ihm so sein unverwechselbares Äußeres verliehen haben.

>> Joachim Schüring

> **Weltweit größte astronomische Kamera in Betrieb +++ Neue Karten zur Wasserverteilung auf dem Mars +++ Mars-Express:**

Diese und andere Meldungen finden Sie unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

GAMMA-RAY-BURSTS

Amateur nimmt Nachglühen auf

MIT FREUNDL. GENEHMIGUNG VON BERTO MONARD

Die Bronberg-Sternwarte von Berto Monard: Den GRB nahm er mit einem Zwölf-Zoll-Meade-LX 200 und einer SBIG-ST-7E-CCD-Kamera auf.

Der in Südafrika lebende Belgier Berto Monard hat als erster Hobbyastronom das Nachglühen eines Gammastrahlenausbruchs (»GRB«) aufgespürt. Dank Monard konnte die genaue Position der Explosion am Himmel genau bestimmt werden. Nur so waren weitere wissenschaftliche Beobachtungen möglich. »Ich habe schon eine Vielzahl von Sternen und Galaxien beobachtet, sogar Supernovae, aber dieses Nachglühen des Gamma-Ausbruchs ist sicherlich das älteste Licht, das ich je mit meinem Fernrohr eingefangen habe«, so Hobbyforscher Monard. GRBs brechen in Millionen bis Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxien aus – und entsprechend lange ist das Licht dieser gewaltigen kosmischen Explosionen auch zur Erde unterwegs.

Der nur wenige Sekunden andauernde Gamma-Ausbruch am 27. Juli war vom amerikanischen Satelliten Hete registriert worden. Die ungefähre Position des Ausbruchs wurde per E-Mail Beobachtern in aller Welt mitgeteilt (siehe Link). Monard richtete kurz danach sein Teleskop auf die angegebene Stelle am Himmel – und entdeckte so als Erster den Überrest der Explosion.

>> Rainer Kayser

http://space.mit.edu/HETE/ban.html

KOSMOLOGIE

Babyboom bei Schwarzen Löchern

Lange Zeit nahm man an, dass kleine supermassereiche Schwarze Löcher seltene Fossilien aus der Entstehungszeit der ersten Galaxien sind. Überraschenderweise entdeckten Niel Brandt von der Pennsylvania State University und seine Kollegen jetzt auf Bildern des Chandra-Röntgensatelliten eine große Anzahl dieser Objekte.

Entgegen dem bisherigen Modell sind solche Schwarzen Löcher im Zentrum naher Galaxien viel häufiger als in weit entfernten, jüngeren Sterninseln. Die landläufige Theorie besagt, dass Schwarze Löcher im Laufe der Zeit immer mehr Materie aufsaugen und damit größer werden.

Die Daten des Goods-Programms (»Great Observatory Origins Deep Survey«) legen jedoch nahe, dass die Zahl der kleineren Löcher anwächst, während ihre großen Brüder langsam aussterben.

Insgesamt wurden mit Goods zehnmal mehr Galaxien gefunden als mit den tiefsten optischen Aufnahmen des Hubble-Weltraumteleskops.

>> Stephen Koszudowski

NASA / CXC / PSU / D.M.ALEXANDER, F.E.BAUER, W.N.BRANDT ET AL.

Mehr als 500 Röntgenquellen sind auf dieser Aufnahme des Chandra-Satelliten versammelt. Kleine supermassereiche Schwarze Löcher sammeln Gas, das im Röntgenlicht leuchtet.

Weltraumkamera besteht ersten Test +++ XMM Newton gewährt tiefen Blick ins All >

ANZEIGE

METEORITENFALL

Rätsel um »Neuschwanstein« gelöst?

Mehr als ein Jahr nach dem spektakulären Fall einer Feuerkugel nahe der österreichisch-bayerischen Grenze kommt Licht in das Schicksal der noch vermissten Hauptmasse des Meteoriten. In ASTRONOMIE HEUTE beschreibt der Physiker und Bergsteiger Karl Wimmer exklusiv, wie er auf Grund eigener Berechnungen das lange gesuchte Hauptfragment des nach dem weltberühmten Schloss Neuschwanstein benannten Meteoriten auf einer Geröllhalde im Ammergebirge fand.

MIT FREUNDL. GENEHMIGUNG VON KARL WIMMER

Das weltberühmte Schloss Neuschwanstein gab dem Meteoriten seinen Namen.

Am späten Abend des 6. April 2002 schreckte eine mit –17. Größenklasse extrem helle Leuchterscheinung viele Menschen im süddeutschen Raum auf.

Mithilfe von Aufzeichnungen des »Europäischen Feuerkugelnetzes« konnte die Leuchtspur des zirka 300 bis 400 Kilogramm schweren Meteoroiden rekonstruiert werden: Sie begann in 85 Kilometer Höhe bei Schwaz im Inntal und endete in nur 16 Kilometer Höhe über dem Ammergebirge. Experten vom Observatorium Ondřejov bei Prag errechneten daraus ein mögliches Einschlaggebiet von einigen Quadratkilometern Größe.

Tatsächlich fand ein Amateurastronom nur drei Monate später einen 1,75 Kilogramm schweren Meteoriten am Rand des Streufelds. Dieser stellte sich nach wissenschaftlicher Untersuchung als Enstatit-Chondrit heraus, eine äußerst seltene Art von Steinmeteorit mit hohem Nickel- und Eisengehalt.

Im Mai 2003 konnte dann im Umfeld der vermuteten Hauptmasse ein zweites, 1,63 Kilogramm schweres Fragment geborgen werden, das dem ersten wie ein Zwilling ähnelt. Die Suche nach der zuletzt auf sieben Kilogramm geschätzten Hauptmasse blieb jedoch bisher erfolglos.

Ein von mir entwickeltes physikalisches Modell des Meteoritenfalls gab die Eckdaten der Leuchtspur sowie den Fundort des ersten Findlings richtig wieder und erlaubte es, hypothetische Fragmente am Bildschirm zu simulieren. Die letzte notwendige Information hierfür kam von der Arbeitsgruppe in Ondřejov, die den Geschwindigkeitswert für das Hauptfragment kurz nach dem Lichtblitz in 21 Kilometer Höhe abschätzen konnte.

Rechtzeitig zum Jahrestag des ersten Funds lag nach einem Zwölf-Stunden-Marsch in unwegsamem Gelände das vorerst größte Stück des Neuschwanstein-Meteoriten auf einer abgelegenen Geröllhalde vor mir. Der Findling bringt knapp drei Kilogramm auf die Waage und ist zu neunzig Prozent von einer Schmelzkruste bedeckt. Das raue Bergklima hat ihm schon stärker zugesetzt als seinen Vorgängern. Vor allem aber unterscheidet er sich durch seine lang gestreckte Form von ihnen. Sie erklärt nachträglich die stärkere Abbremsung und seinen Fundort. Auch eine unabhängige Begutachtung durch den Oberkonservator der Mineralogischen Staatssammlung München, Herrn Rupert Hochleitner (siehe Kasten), fand inzwischen statt.

Bleibt die Frage nach weiteren Fragmenten. Kleinere Fundstücke sind sicherlich nicht ausgeschlossen. Ein dem jetzigen Fund vergleichbar großes Stück ist jedoch nach meinem Modell eher unwahrscheinlich. >>Karl Wimmer

Das Expertenurteil:

ASTRONOMIE HEUTE: Ist der Fund von Herrn Wimmer Ihrer Ansicht nach Teil des im April letzten Jahres gefallenen Neuschwanstein-Meteoriten?

Dr. Rupert Hochleitner: Bei dem jetzt gefundenen Fragment III handelt es sich definitiv um einen Meteoriten. In Aussehen und Erhaltungszustand ähnelt es dem Fund II, der ebenso lange im Freien lag. Neuschwanstein I dagegen ist nicht so stark oxidiert. Nach spezifischem Gewicht und auch dem Augenschein nach könnte es sich gut um einen Enstatit-Chondriten vom gleichen Typ handeln, wie er für Fund I nachgewiesen wurde. Da ich keinen Grund habe, an den Fundkoordinaten zu zweifeln, ist es höchstwahrscheinlich ein Stück des Neuschwanstein-Meteoriten.

AH: Es gibt also keinen Zweifel?

Hochleitner: Es gibt so gut wie keinen Zweifel. Absolute Sicherheit kann nur durch eine Messung der kurzlebigen Isotope gewonnen werden, wie sie Herr Wimmer anstrebt.

AH: Wie ist das Stück im Gesamtzusammenhang einzuordnen?

Hochleitner: Es handelt sich hier um das bisher größte Fragment. Auf Grund der relativ ähnlichen Größe der anderen Funde ist der Begriff Hauptmasse jedoch eher unpassend.

Interview: **Stephan Fichtner**

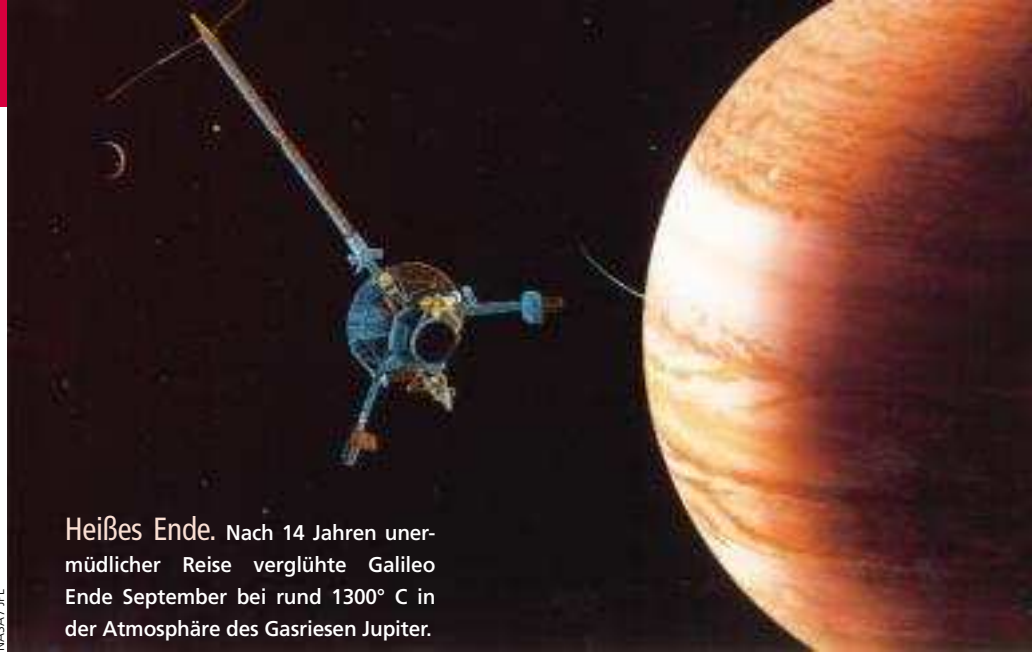
MIT FREUNDL. GENEHMIGUNG VON KARL WIMMER

Der 2,84 Kilogramm schwere Meteorit mit den nach gut einem Jahr Bergaufenthalt üblichen Rostflecken

> Hubble: Forscher entdecken kleine Objekte jenseits von Neptun und Pluto +++ Esa simuliert auf Titan vorgesehene Landung der Raumsonde

GALILEO

Nachruf auf eine Raumsonde



NASA / JPL

Heißes Ende. Nach 14 Jahren unermüdlicher Reise verglühte Galileo Ende September bei rund 1300° C in der Atmosphäre des Gasriesen Jupiter.

Am 21. September ging nach 14 Jahren im All eine der erfolgreichsten Raumfahrtmissionen zu Ende. Die 1989 gestartete Jupitersonde Galileo tauchte an diesem Tag auf Nimmerwiedersehen in die Wolkenschichten des Gasplaneten Jupiter ein.

Der größte Erfolg der Sonde besiegelte jetzt gewissermaßen ihr Schicksal: Mit ihr hatten Forscher nämlich Hinweise darauf entdeckt, dass der Jupitermond Europa und wahrscheinlich auch die Monde Ganymed und Kallisto unter ihrem Eispanzer einen Ozean flüssigen Wassers verstecken (siehe »Ozeane im Sonnensystem«, Seite 36). Dies legt die Möglichkeit nahe, dass dort Leben entstanden sein könnte. Um einen unkontrollierten Einschlag auf einem der Galilei'schen Monde nach dem Zur-Neige-Gehen der Treibstoffvorräte Galileos und damit dessen Verunreinigung mit organischem Material von der Erde zu vermeiden, beschloss die amerikanische Raumfahrtbehörde Nasa, die Raumsonde in der Jupiteratmosphäre verglühen zu lassen.

Galileo war ein deutsch-amerikanisches Gemeinschaftsprojekt: Zwei der Instrumente (ein Heliummessgerät und ein Detektor für kosmischen Staub) sowie das komplette Antriebsmodul wurden in Deutschland gebaut.

Die Mission hatte allerdings keinen guten Start: Ein erster Termin 1986 musste wegen der Challenger-Katastrophe um drei Jahre verschoben werden. Als Galileo dann am 18. Oktober 1989 an Bord der US-Raumfähre Atlantis ins All flog, musste sie zum Schwungholen erst einmal an der Venus und zweimal an der Erde vorbei, bevor es Richtung Jupiter ging. Dann der nächste Schlag für die Forscher: Die regenschirmartige Parabolantenne entfaltete sich nicht richtig und so mussten die gesamten Informationen über zwei kleine Antennen mit viel geringerer Datenrate fließen. Dennoch bescherte Galileo den Forschern in den letzten 14 Jahren eine Fülle neuer Daten, für deren vollständige Auswertung sie noch einige Jahre brauchen werden. >> Rainer Riemann

RAKETENUNFALL IN BRASILIEN

Explodiert

Eine brasilianische Trägerrakete vom Typ VLS ist am 22. August auf der Startrampe explodiert. Dabei kamen 21 Menschen ums Leben. Wodurch das Unglück ausgelöst wurde, das den gesamten Startkomplex sowie nahe gelegene Anlagen zerstörte, ist noch unbekannt. Klar ist bisher nur, dass das Feuer bei den Feststoffraketen ausbrach. Eigentlich sind diese recht unempfindlich gegen Feuer und können nur mit einem komplizierten Zündmechanismus gestartet werden. Die VLS war von Anfang an vom Pech verfolgt: Das erste Exemplar musste 1997 nach zwei Sekunden gesprengt werden und auch die zweite Rakete fiel 1999, nachdem die zweite Stufe nicht gezündet hatte, in den Atlantik. >> Stephen Koszudowski

COLUMBIA

Vernichtendes Urteil

Knapp sieben Monate nach dem Absturz der US-Raumfähre Columbia fällte die mit der Untersuchung beauftragte unabhängige Kommission (CAIB) jetzt ein vernichtendes Urteil über die Nasa.

NASA

Auslöser der Katastrophe: ein Stück Isolierschaum, das ein Loch in die Tragfläche riss

NASA / BILL INGALLS

Nasa-Chef Sean O´Keefe

Nach Auffassung der Experten haben Fehler des Managements genauso zur Katastrophe beigetragen wie das Stück Isoliermaterial, das kurz nach dem Start ein Loch in die linke Tragfläche riss. Dieses Loch wurde der Raumfähre 16 Tage später beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre zum Verhängnis. Dem Bericht zufolge wurden Warnungen von Ingenieuren falsch bewertet. Zudem sei die Kommunikation zwischen den einzelnen Nasa-Stellen unzureichend.

>> Joachim Schüring

Huygens +++ Nasa arbeitet bereits an Verbesserung der Raumfähren +++ Asteroiden sollen nach Columbia-Besatzung benannt werden >

Diese und andere Meldungen finden Sie unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

WELTRAUMTELESKOPE

Augen auf!

Kanadas erstes Weltraumteleskop Most (Microvariability & Oscillation of Stars) öffnete Anfang August seine »Augen«. Mit seinem Hauptspiegel von 15 Zentimeter Durchmesser soll das optische Instrument die Variationen der Leuchtkraft von Sternen über lange Zeiträume sehr genau messen. Dadurch lassen sich Dynamik und Aufbau von Sternen bestimmen, aber auch das Alter des Universums und die Beschaffenheit fremder Planeten.

>>Stephen Koszudowski

Abgehoben

Das Weltraumteleskop Most startete im Juli vom russischen Kosmodrom Plesetsk.

EUROCKOT LAUNCH SERVICES

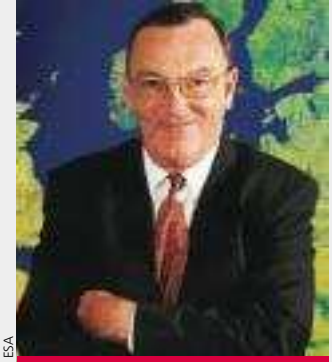
MARS EXPRESS

Schritt für Schritt

Die europäische Marssonde Mars Express hat auf ihrer Reise zum Roten Planeten erfolgreich eine Kurskorrektur hinter sich gebracht, wie das Webportal www.raumfahrer.net berichtet. Ziel des Manövers war es laut Projektleiter Rudolf Schmidt vom Raumfahrtkontrollzentrum der europäischen Weltraumagentur Esa, »die Flugbahn näher an Mars heranzubringen«. Zwar hätte die Sonde von Anfang an direkten Kurs auf den Planeten nehmen können. Dabei aber wäre das Risiko größer, dass sie bei einem Defekt unkontrolliert auf Mars stürzt und ihn mit irdischen Organismen verseucht. Nur das Landegerät Beagle 2 soll tatsächlich auf der Marsoberfläche niedergehen. >> tk

INTERVIEW

Die Zukunft der bemannten Raumfahrt



ESA

Esa-Direktor Jörg Feustel-Büechl

Jähn, Merbold, Messerschmid und Co.: Als am 30. August das 25-jährige Jubiläum der bemannten Raumfahrt in Deutschland gefeiert wurde, waren 13 aktive wie ehemalige Astronauten mit von der Partie. Doch werden die Raumfahrer auch in Zukunft genug zu tun haben?

Im Anschluss an die Veranstaltung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt und der europäischen Weltraumagentur Esa (als Film unter www.dlr.de/dlr/Presse/Specials/zeitreise/live) sprach ASTRONOMIE HEUTE mit dem Esa-Direktor für bemannte Raumfahrt, Jörg Feustel-Büechl.

AH: Schönen guten Tag, Herr Feustel-Büechl! Was ...

Jörg Feustel-Büechl: ... bevor Sie mich etwas fragen, lassen Sie mich über einen ganz großen Erfolg der bemannten Raumfahrt sprechen: Das Hubble-Weltraumteleskop, eines der führenden astronomischen Instrumente unserer Zeit, das uns derzeit unter anderem spektakuläre Bilder vom Mars liefert, vollbringt seine Leistung nur deshalb, weil Astronauten 1993 das Instrument vor Ort reparierten. Und schöner noch, ein europäischer Astronaut, der Schweizer Claude Nicollier, war auf dieser Shuttle-Mission mit dabei.

AH: Die bemannte Raumfahrt wird in Europa aber häufig kritisch gesehen.

Feustel-Büechl: Ich bin mir sicher, dass sich die Entschlossenheit der Amerikaner – und die Russen haben dieselbe Mentalität – auch auf uns übertragen wird. Als Admiral Gehman seinen Abschlussbericht über den Columbia-Absturz präsentierte, machte er sich trotz des tragischen Ereignisses unglaublich stark dafür, dass sich die amerikanische Nation von diesem Fehlschlag nicht entmutigen lässt.

AH: Wer sind denn hier zu Lande die Fürsprecher?

Feustel-Büechl: Vor allem junge und technisch interessierte Leute sind sehr begeistert von der bemannten Raumfahrt. Auch Wissenschaftler stehen ihr angesichts der bald wachsenden Zahl an Experimentiermöglichkeiten immer positiver gegenüber. Das Spacelab hatte ihnen etwa alle 18 Monate ein Labor für zehn Tage zur Verfügung gestellt. Das bemannte Labormodul Columbus, das bald zur ISS transportiert wird, werden sie praktisch ohne Unterbrechung nutzen können. In der Presse allerdings und daher auch in der Politik herrscht ein eher durchwachsener Eindruck.

AH: Wie ist denn das europäische Raumfahrtprogramm vom Absturz der Columbia betroffen?

Feustel-Büechl: Bei Columbus, das ursprünglich 2004 an die ISS andocken sollte, hängen wir direkt von den Shuttles ab. Die Amerikaner planen, sie im März wieder starten zu lassen,

ESA

Esa-Astronautenkorps

Die deutschen Mitglieder sind Gerhard Thiele und Reinhold Ewald (2. und 6. Position in der vorderen Reihe) sowie Thomas Reiter und Hans Schlegel (2. und 6. in der hinteren Reihe).

> DLR-Kleinsatellit Bird beobachtet Waldbrände in Portugal +++ Internationale Raumstation: Russischer Raumtransporter sichert Nachschub

Diese und andere Meldungen finden Sie unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

sodass wir rund ein Jahr im Verzug sind. Wir tun aber alles, um diesen auf acht Monate zu reduzieren, damit Columbus Mitte 2005 abheben kann. Beim ATV (»Automated Transfer Vehicle«, ein unbemanntes, nicht rückkehrfähiges Fahrzeug, das Lasten zur ISS transportieren soll; Anm. d. Red.) ist die Situation umgekehrt: Da fragen uns die Amerikaner, ob wir es nicht schneller bauen können. Wir bemühen uns, seinen Start, der für September 2004 geplant war, nach vorne zu ziehen.

AH: Gibt es auch jenseits der Raumstation Pläne für bemannte Missionen?

Feustel-Büechl: Wir geben für die europäische Beteiligung an der ISS etwa 15 Prozent des Esa-Budgets aus, das sind 400 bis 500 Millionen Euro jährlich. Das absorbiert alle unsere Mittel für die bemannte Raumfahrt. Darüber hinaus kann man vielleicht in den nächsten zehn bis fünfzehn Jahren an eine bemannte Mondmission denken. Doch in der Raumfahrt stehen wir ohnehin noch am Anfang. Wir beschränken uns weiterhin auf die niedrige Erdumlaufbahn und haben selbst die bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

AH: Sie spielten ja eine Art Geburtshelfer für das Europäische Astronautenkorps. Angesichts der derzeitigen Situation: Können Sie Ihren Leuten denn überhaupt genug Ausflüge ins All verschaffen?

Feustel-Büechl: Auf die aktuelle Flugrate bin ich – angesichts dessen, dass Columbus noch nicht fertig ist – sehr stolz. Im Schnitt der vergangenen Jahre flog jeder Astronaut alle sechs Jahre einmal. Alle 16 europäischen Astronauten, darunter vier Deutsche, sind im Training oder in direkter Flugvorbereitung. Als Nächster wird im Oktober der Spanier Pedro Duque abheben.

Europäischer Rekordhalter ist Claude Nicollier: Er ist bereits viermal geflogen, musste auf seinen ersten Flug allerdings 14 Jahre warten. Sein vierter Start im Jahr 1999 führte ihn übrigens ebenfalls zu Hubble.

Interview: **Thilo Körkel**

GROSSE OBSERVATORIEN

SIRTF ist gestartet und »lebt«

Das vierte und letzte der Reihe großer Weltraumobservatorien der Nasa, SIRTF (»Space Infrared Telescope Facility«, siehe »Auf der Suche nach Kosmischer Wärme« in AH Mai/Juni 2003, S. 26), startete nach viermonatiger Verspätung am 25. August an Bord einer Delta-II-Rakete. Nach dem Abwurf der Staubschutzhülle wurde die Aperturklappe (der »Deckel« des Teleskops) geöffnet und die Infrared Array Camera (Irac) eingeschaltet. Während der ersten hundertsekündigen Aufnahme bei einer Wellenlänge von 3,6 Mikrometern zeigte der 85-Zentimeter-Hauptspiegel auf ein fünf Minuten großes Feld im Sternbild Perseus.

Die Funktionstests werden insgesamt neunzig Tage lang andauern. Allein das Erreichen der Betriebstemperatur von 5,5 Grad Kelvin über dem absoluten Nullpunkt beansprucht mehrere Wochen. Die Veröffentlichung der ersten wissenschaftlichen Bilder wird für Dezember erwartet. **>> dre**

NASA / JPL-CALTECH

INTERPLANETARE KOMMUNIKATION

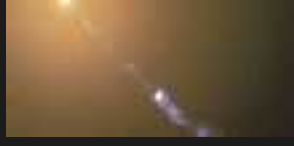
Kein Funkloch

Der drohende Stau im Funkverkehr mit Raumsonden und Satelliten zwingt das Deep Space Network (DSN) der Nasa, seine Kapazitäten zu erweitern. Als größtes Netz seiner Art hält das DSN rund um die Uhr den Funkkontakt ins All aufrecht, ab Ende Oktober nun auch mithilfe des australischen Parkes Radio Telescope. Das Instrument, das schon die Fernsehbilder der Apollo-11-Mission übertrug, muss dazu aufgerüstet werden, unter anderem mit einem Mikrowellenempfangssystem. Zu den möglichen Nutzern gehört die Sonde Mars Express. **>> tk**

NASA / JPL

Flüssiger Funkverkehr **dank zusätzlicher Technik am australischen Parkes Radio Telescope**

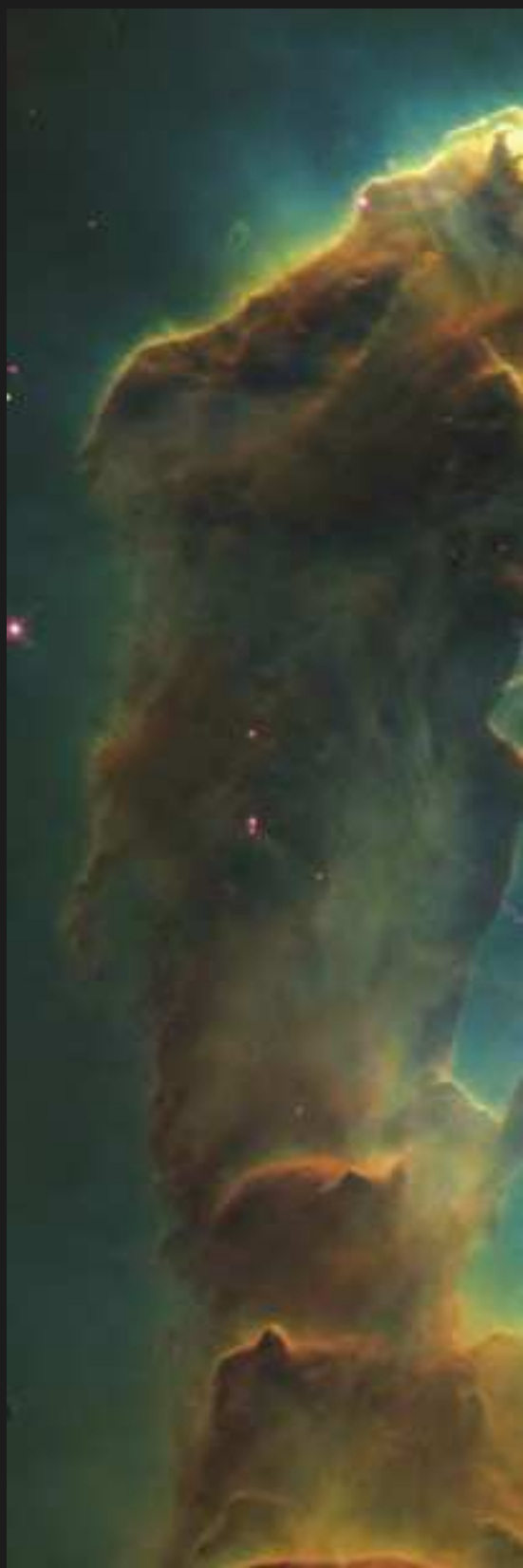
+++ Spektrometer an Bord eines Mars Exploration Rovers fehlerhaft ◀◀



DIE ZUKUNFT

Die Tage des Hubble-Weltraumteleskops sind gezählt, und darüber sind die Astronomen gar nicht glücklich. Eine von der US-Raumfahrtbehörde Nasa einberufene Expertenkommission legte jetzt Vorschläge vor, was mit Hubble in seinen letzten Jahren geschehen soll.

>> Richard Tresch Fienberg und David Tytell



Seit seiner nun gut 13 Jahre zurückliegenden Stationierung in einem Orbit um die Erde behauptet das Hubble-Weltraumteleskop mithilfe gelegentlicher Reparaturen und Aufrüstungen seinen Platz an vorderster wissenschaftlicher Front.

»Das Hubble-Teleskop ist der Motor der Astronomie«, so John P. Huchra vom Harvard-Smithsonian Center of Astrophysics in Cambridge, Massachusetts. Doch künftig kann es sich die finanziell angeschlagene amerikanische Raumfahrtbehörde Nasa nicht mehr leisten, Hubble weiter zu betreiben und gleichzeitig die Entwicklung neuer Weltraum-Observatorien zu forcieren. So soll das James-Webb-Space-Teleskop, das voraussichtlich im Jahr 2011 ins All starten wird, Hubbles offizieller Nachfolger werden. Und spätestens dann soll das alte Weltraumteleskop weichen.

Viele Wissenschaftler plädieren inzwischen dafür, Hubble noch eine Galgenfrist zu gewähren. Denn es besitzt im sichtbaren wie im ultravioletten Licht einzigartige Qualitäten, die keine andere Mission der nächsten zehn bis zwanzig Jahre ersetzen kann. Das James-Webb-Teleskop hingegen ist speziell für Infrarot-Astronomie und Spektroskopie konzipiert. Vielleicht wird es aber erst Mitte des nächsten Jahrzehnts einsatzbereit sein. Das hieße, die Astronomen müssten, wenn Hubble 2010 außer Betrieb geht, für einige Jahre auf ein Weltraumteleskop verzichten. »Ein Teleskop im Orbit ist besser als eines auf dem Reißbrett«, meint Bruce McCandless, einer der Astronauten, die Hubble 1990 in die Umlaufbahn brachten. Außerdem sei Hubble mehr als nur ein Teleskop: »Es ist ein Symbol.«

Wegen Hubbles wissenschaftlicher Produktivität (siehe Bilder auf den folgenden Seiten) und seiner großen Beliebtheit hat der US-Kongress die Nasa gebeten, ihr Vorhaben noch einmal zu überdenken. Diese berief daraufhin ein Gremium aus unabhängigen Experten, das alle Möglichkeiten unter die Lupe nahm. In einer öffentlichen Anhörung stellte die Kommission unter Leitung von John N. Bahcall (Institute for Advanced Studies in Princeton) drei Zukunftsszenarien vor. >

VON HUBBLE

Auf den nächsten Seiten präsentiert Ihnen ASTRONOMIE HEUTE die wichtigsten Entdeckungen des Hubble-Weltraumteleskops aus den vergangenen 13 Jahren.

Säulen der Schöpfung

Im Zentrum des 6000 Lichtjahre entfernten Adlernebels IC 4703 beim offenen Sternhaufen (M 16) fanden Astronomen mit dem Hubble-Teleskop riesige Staubsäulen, die durch die Beleuchtung der umgebenden jungen Sterne ungewöhnlich plastisch erscheinen. Die heißen Sonnen erhitzen mit ihrer UV-Strahlung die Außenhaut dieser »Elefantenrüssel« und verdampfen sie im Laufe der kommenden Jahrmillionen. Sterne, die sich möglicherweise im Innern der Wolken bilden, befinden sich deshalb in einem existenziellen Wettlauf mit der Zeit.

NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM / STSCI

> Die von den Experten bevorzugte Option sieht zwei weitere Servicemissionen in den Jahren 2005 und 2010 vor, um das Teleskop in Betrieb zu halten und mit moderneren Instrumenten auszustatten. Außerdem soll es auf die maximale Höhe gebracht und mit einem Motor versehen werden, der es nach Beendigung seiner Mission in die Atmosphäre eintreten lässt. Mit dieser Option würde die Lebenszeit Hubbles bis zum Jahr 2020 verlängert und damit auf jeden Fall ein Überlappen mit dem James-Webb-Weltraumteleskop gewährleistet.

Falls nur eine Wartungsmission möglich sein sollte, empfiehlt die Kommission, sie noch vor dem Jahr 2007 zu entsenden. Der Einbau neuer Gyroskope, die der Ausrichtung des Teleskops dienen, sowie der Aufstieg in eine höhere Umlaufbahn und das Anbringen der Wiedereintrittsraketen müssten dann allerdings auf einmal bewerkstelligt werden.

Sollte die Nasa sich entscheiden, Hubble überhaupt nicht mehr zu warten, oder einen Astronauteneinsatz als zu riskant einstufen, kommt das für die Wissenschaftler schlimmste Szenario zum Tragen. Die Ingenieure müssten dann einen Weg finden, das Teleskop mittels einer Robotermission mit dem Raketenantrieb auszustatten, um es schon früher gezielt zum Absturz zu bringen.

Die Zukunft Hubbles hängt also hauptsächlich davon ab, wie oft Astronauten das Teleskop besuchen können. Denn ohne Wartungsarbeiten kann es nicht mehr lange weiterbetrieben werden. Momentan umkreist es die Erde am äußeren Rand der Atmosphäre, wo es einem gewissen Luftwiderstand ausgesetzt ist. Allein gelassen würde es langsam tiefer sinken und irgendwann nach 2013 unkontrolliert abstürzen. Dabei wären Menschenleben gefährdet, denn wahrscheinlich wird das omnibusgroße Gerät nicht komplett in unserer Atmosphäre verglühen.

Der ursprüngliche Plan der Nasa, Hubble mit einem Space Shuttle zur Erde zurückzubringen, um es danach im National Air and Space Museum in Washington auszustellen, gilt nach dem Absturz der Raumfähre Columbia im vergangenen Februar als zu riskant. In einer höheren Umlaufbahn will man das Weltraumobservatorium aber auch nicht entsorgen, denn dies würde das Problem nur auf zukünftige Generationen abwälzen. Deshalb will die Nasa das Teleskop kontrolliert in einer unbewohnten Gegend abstürzen lassen. Doch dazu muss eine Bremsrakete am Teleskop installiert werden, entweder von Shuttle-Astronauten oder ferngesteuert vom Erdboden aus.

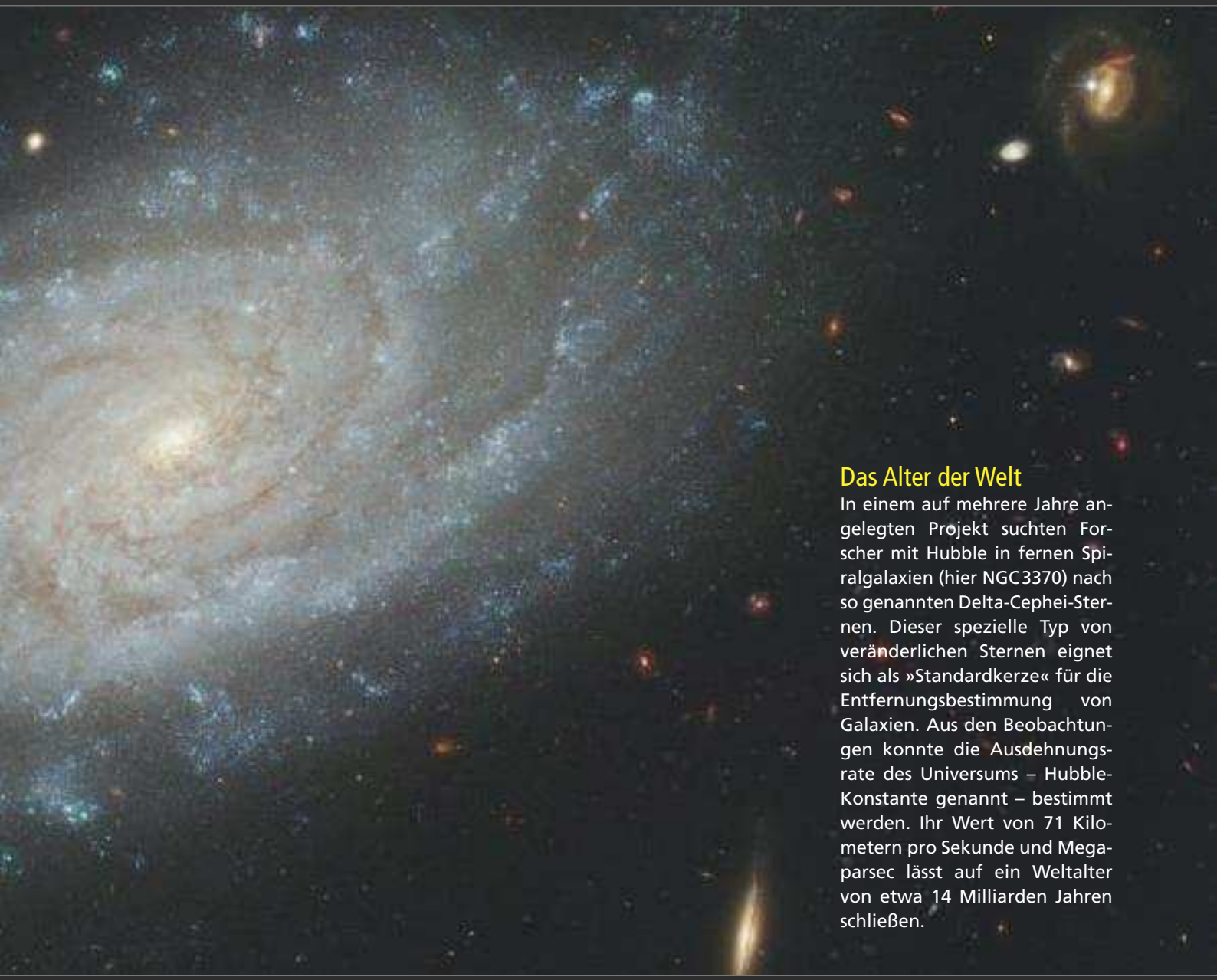
Andere Überlegungen betreffen den langfristigen Betrieb des Teleskops. Die störungsanfälligsten Teile von Hubble sind seine Gyroskope. Von den insgesamt sechs Kreiseln an Bord sind im Moment noch vier funktionstüchtig. Drei davon sind für einen normalen Betrieb notwendig, wahrscheinlich würde das Teleskop sogar mit nur zweien auskommen. Mit sechs neuen Gyroskopen könnte Hubble also durchaus noch einmal weitere fünf Jahre durchhalten.

Steven Beckwith, der ehemalige Direktor des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg und derzeitige Direktor des Space Telescope Science Institute, ist mit dem Bahcall-Bericht zufrieden: »Das Komitee hat erkannt, wie wichtig Hubble ist und dass wir das Instrument möglichst lange erhalten sollten.« <<

BILDER DIESER SEITE: NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM / STSCI

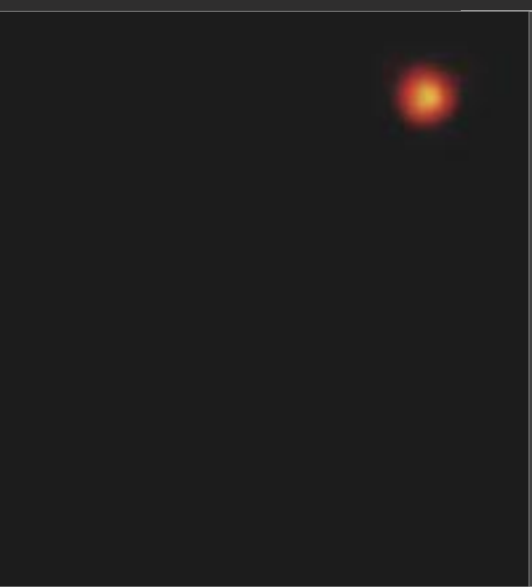
Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

»Es basiert auf den Originalplänen von Hubble.«



Das Alter der Welt

In einem auf mehrere Jahre angelegten Projekt suchten Forscher mit Hubble in fernen Spiralgalaxien (hier NGC 3370) nach so genannten Delta-Cephei-Sternen. Dieser spezielle Typ von veränderlichen Sternen eignet sich als »Standardkerze« für die Entfernungsbestimmung von Galaxien. Aus den Beobachtungen konnte die Ausdehnungsrate des Universums – Hubble-Konstante genannt – bestimmt werden. Ihr Wert von 71 Kilometern pro Sekunde und Megaparsec lässt auf ein Weltalter von etwa 14 Milliarden Jahren schließen.



Pluto und Charon

Erst 1978 entdeckten Astronomen, dass Pluto, der fernste Planet unseres Sonnensystems, einen Mond besitzt. Mit Hubble gelang es schließlich, die nur 20 000 Kilometer voneinander entfernten Körper deutlich zu trennen. Dadurch wurde es möglich, ihre gemeinsame Umlaufbahn genau zu vermessen und daraus die Massen und Dichten der beiden Körper zu bestimmen. Außerdem konnte man zum ersten Mal Details wie Polkappen und verschieden helle Gebiete auf Plutos Oberfläche beobachten.

NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM / STSCI

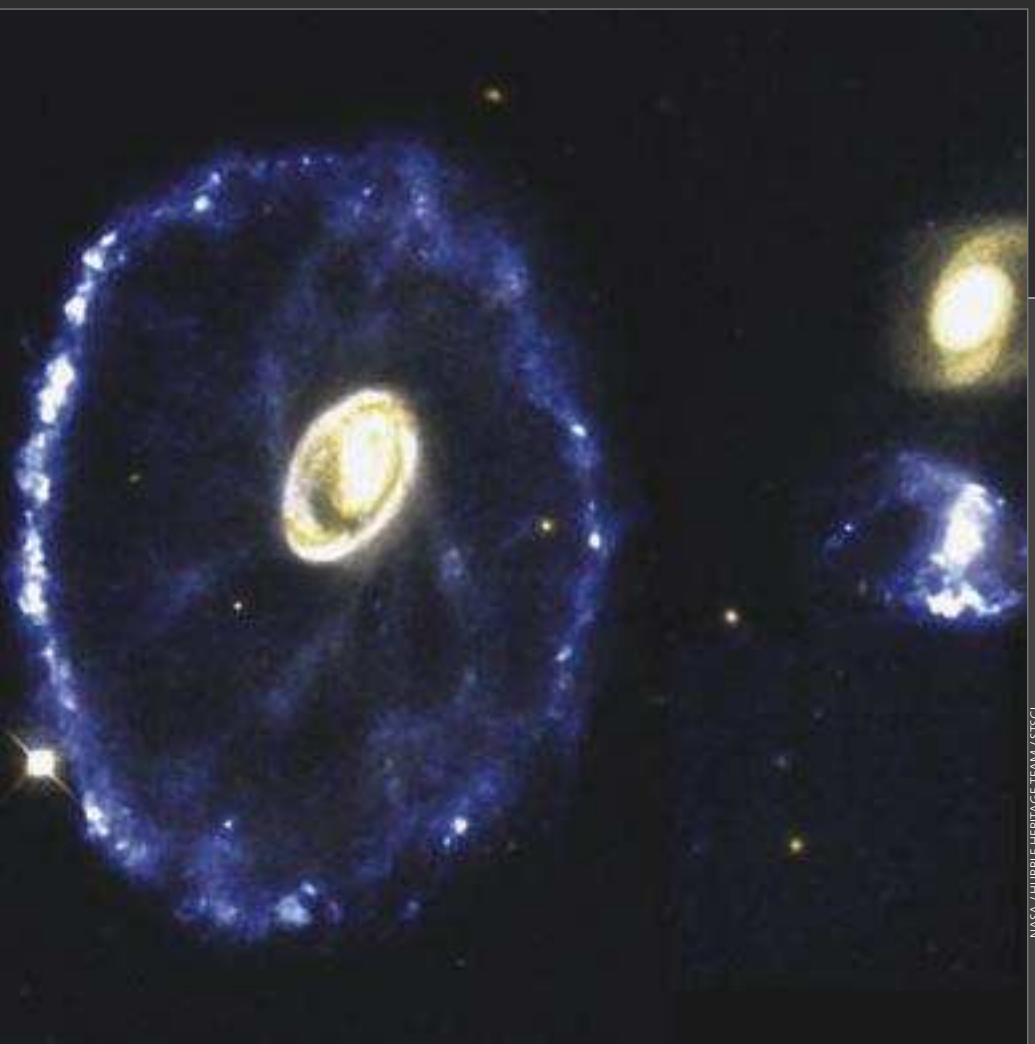
Jets von jungen Sternen

In den 1980er Jahren stießen Wissenschaftler auf ein überraschendes Phänomen: Von einigen jungen Sternen schießen gebündelte Gasstrahlen mit mehreren hundert Kilometern pro Sekunde ins All hinaus. In einigen von ihnen erkennt man insbesondere auf den Hubble-Bildern hell leuchtende Gaswolken (HH 1 und HH 2). Vermutlich hat sie der Stern in aktiven Phasen ausgestoßen. Welchen Einfluss diese Jets auf die Planetenbildung haben, ist bisher noch unbekannt.

ESA

Volltreffer

Zwischen dem 16. und 22. Juli 1994 schlugen über zwanzig Bruchstücke des Kometen Shoemaker-Levy 9 auf dem Gasriesen Jupiter ein. Aufgereiht wie Perlen einer Kette rasten die Fragmente auf den Planeten zu (Fotomontage oben). Mit unvorstellbar großer Energie detonierten sie in dessen Atmosphäre. Dank Hubble konnte man verfolgen, wie sich die entstandenen Staubwolken bis zu 26 000 Kilometer, also dem zweifachen Erddurchmesser, ausdehnten.



NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM / STSCI

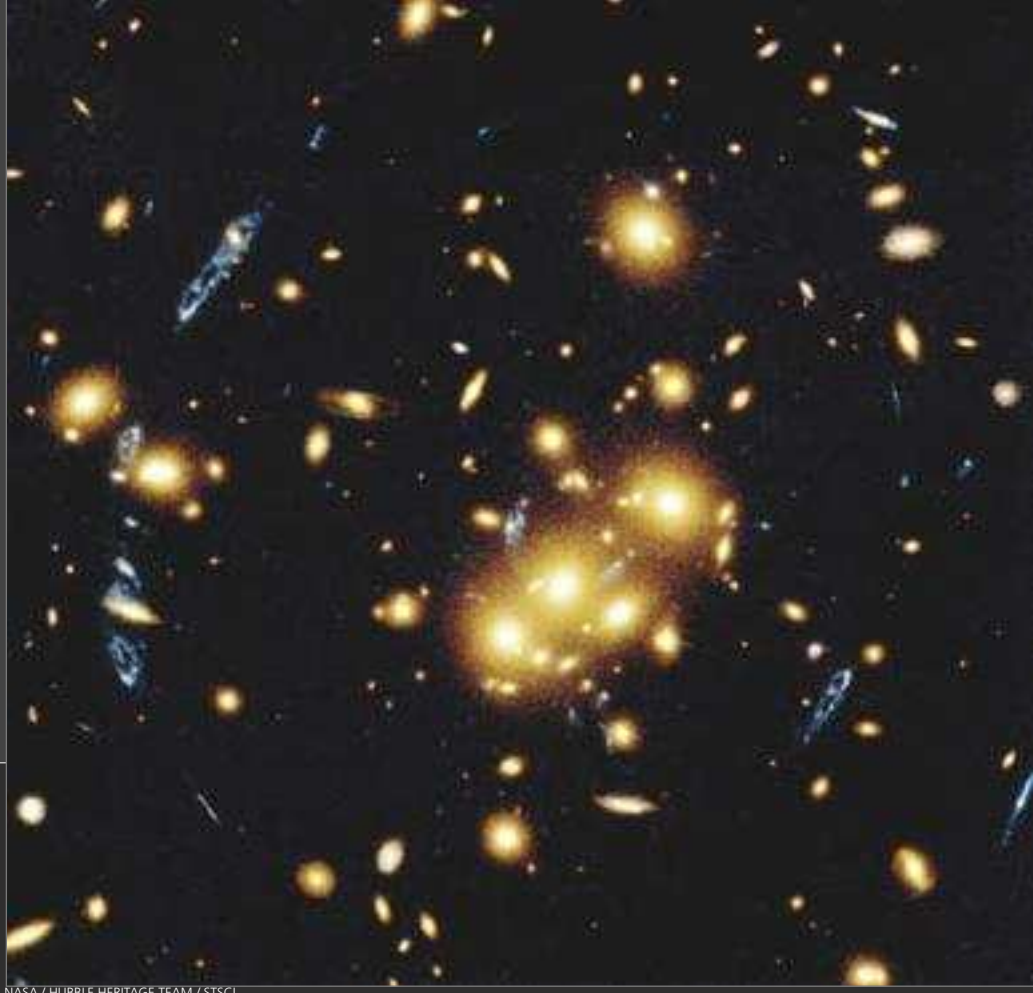
Das leuchtende Wagenrad

Die 500 Millionen Lichtjahre entfernte Wagenradgalaxie (ESO 350-40) im Sternbild Bildhauer ist das berühmteste Beispiel einer Ringgalaxie. Beim Hindurchfliegen durch die frühere Spiralgalaxie löste ein kleineres Sternsystem eine Stoßwelle aus. Diese breitete sich kreisförmig von innen nach außen aus – ähnlich wie Wellen auf einem Teich, in den man einen Kiesel wirft. Auf den Hubble-Bildern entdeckten Forscher insgesamt rund 500 Sternentstehungsgebiete, die durch die Stoßwelle entstanden.

Tiefe Einblicke

Ende des Jahres 1995 richteten Astronomen Hubble zehn Tage lang auf eine scheinbar leere Stelle des Himmels im Sternbild Großer Bär.

Das Ergebnis war die bis dahin am längsten belichtete Aufnahme eines Himmelsfelds. Sie zeigt rund 20000 Galaxien, darunter die lichtschwächsten, die je ein Mensch gesehen hat. Wegen der endlichen Laufzeit des Lichts bietet dieses so genannte Hubble Deep Field die Möglichkeit, die Entwicklung der Galaxien bis nahe an den Urknall zu erforschen.



NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM / STSCI

Kosmische Linsen

Gravitationslinsen bestätigen Einsteins Relativitätstheorie, nach der Materie mit ihrer Schwerkraft den umgebenden Raum verbiegt. Lichtstrahlen folgen diesen Krümmungen, sodass einzelne oder auch mehrere Galaxien gemeinsam wie ein gigantisches kosmisches Brennglas wirken können. In dem 4,5 Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxienhaufen CL0024+1654 zeigen Hubble-Bilder bogenförmig erscheinende, bläuliche Gebilde. Bei ihnen handelt es sich um verzerrte Bilder einer einzigen Hintergrundgalaxie.

NASA / ESA

Galaktische Fontänen

Aus den Zentren einiger Galaxien schießen Gasstrahlen heraus, die über eine Million Lichtjahre weit ins All reichen. Damit sind sie die größten Objekte im Universum. Nur sehr wenige von ihnen sind auch im Bereich des sichtbaren Lichts erkennbar. Hubble-Aufnahmen bewiesen, dass sich einige Verdichtungen im Jet der Galaxie M 87 (Virgo A) nahezu mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Die Verursacher dieses Phänomens sind sehr wahrscheinlich massereiche Schwarze Löcher im Zentrum.

Aus Staub geboren

Im Jahre 1995 entdeckten Forscher mit Hubble erstmals Staubscheiben, die junge Sterne umgeben. Insgesamt fanden sie in dem 1600 Lichtjahre entfernten Orionnebel über 150 dieser Gebilde. Die diskusförmigen Wolken, in deren Zentren bereits neugeborene Sterne leuchten, sind die Vorstadien zukünftiger Planetensysteme. Mit dieser Entdeckung bestätigt sich eine 250 Jahre alte Theorie der Stern- und Planetenentstehung.

Die Supernova vor unserer Haustür

Am 23. Februar 1987 sichtete der Astronom Ian Shelton am Observatorium Las Campanas in den chilenischen Anden einen explodierenden Stern. Mit Hubble fanden Wissenschaftler dann drei Ringe, welche die »nur« 160 000 Lichtjahre entfernte Supernova 1987 A in der Großen Magellan'schen Wolke umgeben. Die beiden großen Ringe bilden die Ränder eines Nebels, der die Form einer Sanduhr besitzt.

ALLE BILDER DIESER SEITE: NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM / STSCI

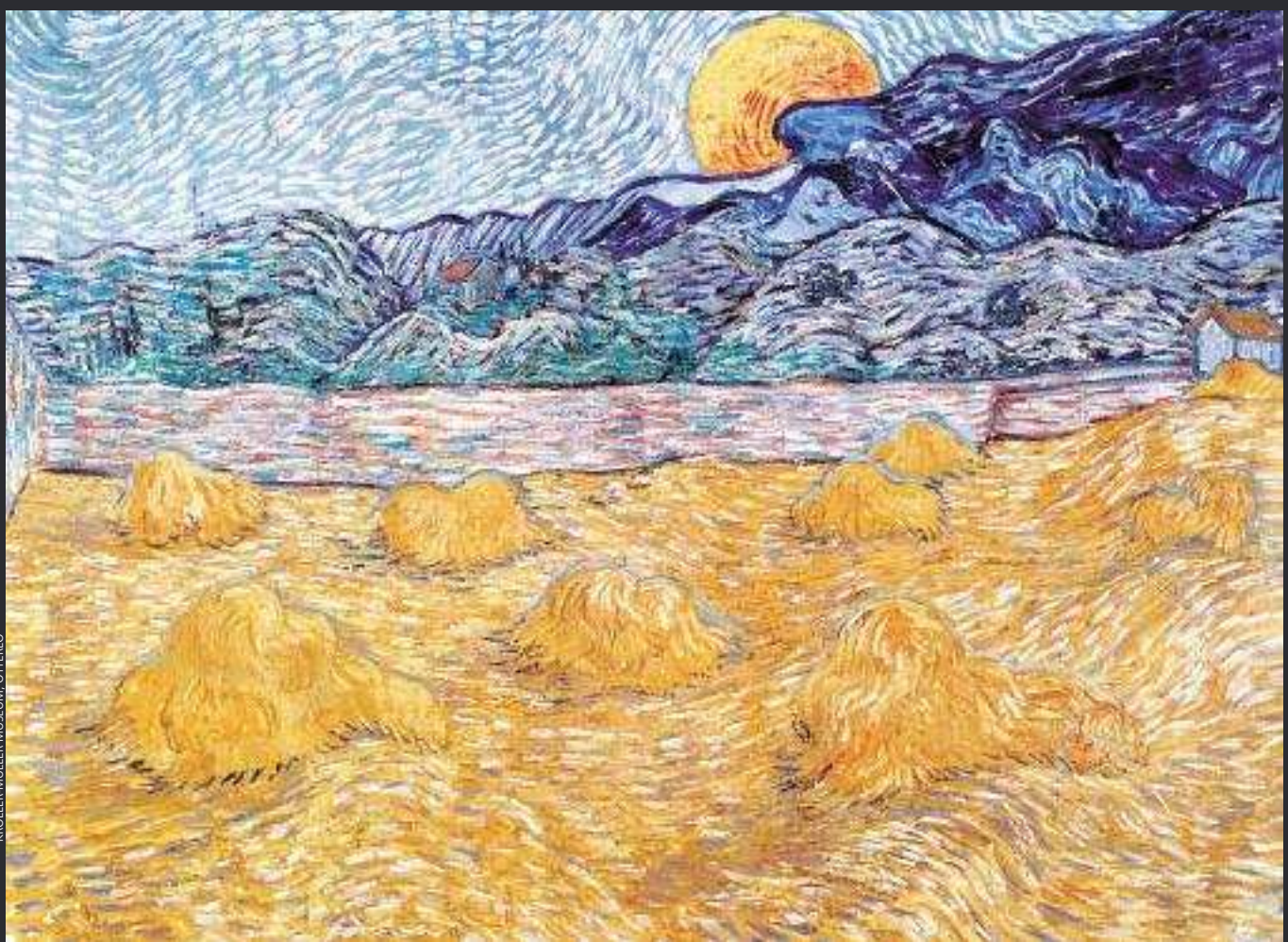
VAN GOGHS MONDAUFGANG

Astronomische Spürnasen fahren nach Frankreich und lösen eines der Rätsel der Malerei des 19. Jahrhunderts.

>> Don Olson, Russell Doeschler und Marilynn Olson

Seit langem sind sich Kunsthistoriker einig, dass Vincent van Gogh seine spektakuläre »Sternennacht« zwischen dem 16. und dem 18. Juni 1889 in der Stadt Saint-Rémy-de-Provence in Südfrankreich gemalt hat. Den Nachweis für Entstehungszeit und -ort der Werke des Malers liefert größtenteils die Korrespondenz mit seiner Familie und den Künstlerkollegen. Manchmal enthalten aber auch die Bilder selbst Hinweise. Zeigen die Gemälde Himmelskörper, so werden sie für Astronomen besonders interessant.

In van Goghs »Weißes Haus in der Nacht« , das er in Nordfrankreich malte, identifizierten wir das Himmelsobjekt als Venus. Während der Recherchen wurden wir auf ein an-



KRÖLLER-MÜLLER MUSEUM, OTTERLO

Die genaue Uhrzeit dieses »Mondaufgangs« haben Astronomen bestimmt. Einst wurde die Darstellung für den Sonnenuntergang im südfranzösischen Saint-Rémy gehalten.

RUSSELL DOESCHLER

Den überhängenden Felsen, den van Gogh malte, gibt es heute noch im Südwesten von Saint-Rémy. Seine Koordinaten bestimmten die Autoren, indem sie über sechs Tage Sonne, Mond und Sterne beobachteten. Hier ist der Mond nur schwach erkennbar, da die Sonne noch über dem Horizont steht.

Im Mai 1889 zog van Gogh von Arles nach Saint-Rémy-de-Provence, um seine angeschlagene Gesundheit zu kurieren. Er blieb ein Jahr dort und schuf fast 150 von der Landschaft inspirierte Gemälde.

S & T / STEVEN SIMPSON

deres astronomisch interessantes Gemälde aufmerksam, das aus Saint-Rémy stammt und dessen Datierung unsicher war. Das Gemälde »Mondaufgang« mit der Katalognummer F735 zeigt eine auffallende orange Scheibe in der Dämmerung über Heuhaufen in einem von einer Steinmauer umfriedeten Feld. Die Scheibe ist teils hinter einer Bergkette versteckt. Astronomische Berechnungen halfen die Unklarheit der Datierung zu beseitigen.

Rückzug ins Kloster

Während van Gogh in Arles wohnte, durchlitt er eine Reihe gesundheitlicher Krisen. Daher ging er am 8. Mai 1889 in das Krankenhaus im Kloster Saint-Paul in Saint-Rémy. Bis zu seiner Entlassung am 16. Mai 1890 schuf er dort fast 150 Gemälde und 140 Zeichnungen – Arbeiten, die nicht nur sein Interesse am besonderen Licht in Südfrankreich belegen, sondern auch die Ausgeglichenheit und Beruhigung, die er in der Natur fand. Mehr als ein Dutzend der Bilder zeigen die gleiche Ansicht: das eingefasste Kornfeld und die sich rechts, jenseits der Mauer erhebenden Alpillen, in denen ein paar Häuser zu sehen sind.

Von seinem Zimmer im oberen Stockwerk auf der Ostseite des Klosters sah der Künstler oft den Himmel. In einem Brief (Nr. 592) an seinen Bruder Theo in Paris Ende Mai 1889 schrieb er:

»Durch das vergitterte Fenster habe ich einen Blick auf das umfriedete Kornfeld, darüber sehe ich am Morgen die Sonne in ihrer Herrlichkeit aufgehen.« Van Goghs Blickrichtung über das Feld ist folglich Osten, und darum beschreibt das Bild F735 den Auf- und nicht den Untergang eines Himmelskörpers.

Kunsthistoriker beziehen sich bei van Goghs Bildern auf die Nummern des Werkkatalogs, den Jakob-Baart de la Faille 1928 erstellte. Wie alle monumentalen Pionierarbeiten dieser Art enthält auch dieser Katalog einige Fehler. So führt er zum Beispiel F735 unter dem Titel »Sonnenuntergang« und schreibt, dass die »gelborange Sonnenscheibe hinter den dunkelblauen Bergen, die den Horizont begrenzen, versinkt«. Das Verzeichnis von Willem Scherjon und W. J. de Gruyter aus dem Jahr 1937 dagegen führt F735 unter dem Titel »Aufgehender Mond (Heuhaufen)« und ordnet es den Arbeiten von August und September 1889 zu. Die 1939 veröffentlichte Revision des Katalogs von de la Faille betitelt F735 mit »Mondaufgang« und datiert das Bild auf den September 1889. Die jüngste Auflage des De-la-Faille-Katalogs, 1970 nach dem Tod des Autors von einem Expertengremium veröffentlicht, nennt F735 »Aufgehender Mond: Heuhaufen« und legt den 6. Juli 1889 als Entstehungsdatum fest.

In diesem Fall bestätigte die Korrespondenz, dass F735 einen aufgehenden Mond darstellt. Während des Sommers 1889 verschickte van Gogh einen Umschlag mit zwei Briefen, einen an Theo (Nr. 603) und einen inzwischen verlorenen an den Maler Paul Gauguin. In diesem zweiten Brief befand sich die Skizze eines Schnitters, der im eingefassten Feld Weizen mäht. Vincent beschrieb seinem Bruder mehrere vollendete Gemälde und fügte dann hinzu:

»Eins habe ich in Arbeit von einem Mondaufgang über demselben Feld wie auf der Skizze in dem Brief an Gauguin, doch das Korn steht nicht mehr auf dem Halm, sondern statt dessen in Puppen. Es ist mattes Ockergelb und Violett. Nun, du wirst es ja bald sehen.«

Während des Sommers ging es van Gogh gesundheitlich schlechter, sodass er fast sechs Wochen lang nicht mehr malte. Entstanden das Bild vom Mondaufgang und der Brief Nr. 603 vor oder nach dieser Unterbrechung? Unglücklicherweise trägt der Brief selbst weder ein handschriftliches Datum noch einen Poststempel. Zudem wurde er erst nach Theos Tod von dessen Frau nummeriert und gilt als besonders schwierig zu datieren.

Falsche Reihenfolge

Die moderne Forschung ist sich darin einig, dass Brief 603 falsch in die Reihenfolge der Korrespondenz eingefügt wurde, also nicht zwischen Brief 602 Ende August und Brief 604 Anfang September gehört. Doch man streitet sich über sein genaues Datum und dadurch auch über das des Mondaufgang-Bilds, das sich »in Arbeit« befand.

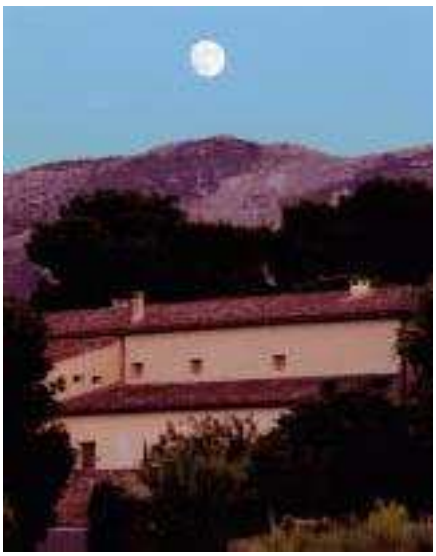
Jan Hulsker, eine Autorität auf dem Gebiet der Briefe van Goghs, bemerkte 1972: »Die Veränderung in der Reihenfolge der Briefe ist nicht nur vom biografischen Standpunkt bedeutsam, sondern >

MARILYNN OLSON

In einem Olivenhain planen Russell Doescher, Claude Suc und Don Olson (von links nach rechts) ihre Beobachtungen.

> auch für die Chronologie von van Goghs Kunstwerken. Das bedeutet, dass die Leinwände, die im Brief 603 versandt wurden, zwei Monate früher datiert werden müssen.« Hulsker setzt das Datum für Brief 603 auf den 6. Juli und bestimmt als Zeitpunkt der gesundheitlichen Krise »um den 8. Juli bis ungefähr Mitte August«. Ebenso datiert sein neuester Katalog (Der neue komplette van Gogh, 1996) F735 auf den 6. Juli 1889.

Doch Ronald Pickvance, Kurator der Ausstellung »Van Gogh in Saint-Rémy und Auvers«, die 1986 vom New Yorker Metropolitan Museum of Art gezeigt wurde, stellt das Bild des Mondaufgangs in den Zeitraum zwischen dem 8. und 13. Juli. Pickvance favorisiert den 14. Juli für den Brief Nr. 603, der den Mondaufgang beschreibt, und den 16. Juli für den Ausbruch der Krise. Können vielleicht astronomische Methoden helfen, den Zeitpunkt des Mondaufgang-Bilds genauer zu bestimmen? Wir sind sicher, dass Vincent F735 zwischen dem 8. Mai, seiner ersten Ankunft in Saint-Rémy, und Ende September geschaffen hat, als er die Leinwand in einer Sendung von zehn Gemälden – unter ihnen auch die Sternennacht – seinem Bruder Theo schickte.


DON OLSON

Vollmond

Der leuchtend orange Himmelskörper in F735 muss entweder der Vollmond oder ein fast voller Mond gewesen sein, der kurz nach Sonnenuntergang in der Abenddämmerung aufstieg. Computerberechnungen ergaben im Jahr 1889 fünf mögliche Zeiträume: 15. bis 17. Mai, 13. bis 15. Juni, 12. bis 14. Juli, 11. bis 13. August und 9. bis 11. September.

Ein unverwechselbares Merkmal des »Mondaufgangs« ist der überhängende Felsen, der die Mondscheibe teilweise verdeckt. Auch malte van Gogh an den Gebirgsausläufern unterhalb des Felsens ein ungewöhnliches »Doppelhaus«. Dieses sieht so aus, als ob sich ein schmales Gebäude an ein größeres schmiegt.

Beschreibt der »Mondaufgang« tatsächlich die Landschaft in der Nähe des Klosters Saint-Paul? Was ist der Azimut und die Höhe des Felsvorsprungs vom Kornfeld aus gesehen? Stieg irgendwann im Jahr 1889 ein fast voller Mond genau hinter diesem Felsen auf?

Nahe der Sommersonnenwende geht der Mond in der Abenddämmerung über den Alpillen im Südosten des Klosters Saint-Paul auf. Im Jahr 1889 ging ein solcher Mond nur zweimal direkt hinter dem überhängenden Felsvorsprung (einige Grad links dieses Bildausschnittes vom 23. Juni 2003) auf.

Um diese Fragen zu beantworten, reisten wir im Juni 2002 nach Saint-Rémy. Vorher nahmen wir mit »Les astronomes amateurs du Delta« Kontakt auf, einem Astronomieverein in Arles. Drei Vereinsmitglieder, Claude Suc, Vincent Suc und Bruno Massal, unterstützten uns, indem sie mögliche Beobachtungsstandorte aussuchten und uns während unseres Besuchs begleiteten.

Schon kurz nach unserer Ankunft in Saint-Rémy freuten wir uns, weil es den überhängenden Felsen südöstlich von Saint-Paul wirklich gab! Es war jedoch nicht leicht, seine Koordinaten zu messen. Zwar gibt es in Saint-Paul sowohl van Goghs ehemaliges Zimmer als auch das umfriedete Feld – jetzt ein Garten –, doch wird das Kloster weiterhin als Krankenhaus betrieben. Deshalb sind beide nicht zugänglich. Außerdem ist inzwischen ein Wald großer Kiefern gewachsen, der einige Merkmale der Landschaft verdeckt. Als wir die Waldwege erkundeten, fanden wir auch das Doppelhaus auf einer Lichtung 640 Meter südöstlich des Klosters. Heute ist dieses charakteristische Gebäude von Standorten nahe Saint-Paul nicht mehr zu sehen.

Die Gruppe aus Arles hatte uns vor diesen Problemen gewarnt und half uns, einen geeigneten Beobachtungsplatz zu finden: ein weites offenes Feld gleich nordwestlich von Saint-Paul. Von hier aus hatten wir einen freien Blick über das Kloster zu den dahinter liegenden Alpillen. Sechs Tage und Nächte beobachteten wir den Aufgang von Sonne, Mond und Sternen und maßen dabei den Azimut und die Horizonthöhe der Gipfel und Felsen der Bergkette.

Van Gogh stand im Feld nahe der Nordwand, die am linken Rand des Gemäldes sichtbar ist. Mithilfe topografischer Karten und Luftbilder bestimmten wir, dass der Felsvorsprung 2680 Meter von van Goghs Position entfernt war. Unser Standort lag weitere 300 Meter zu-

Das Doppelhaus und die Felsnase taucht in vielen Bildern van Goghs auf, wie hier im »Weizenfeld mit Schnitter« mit der Nummer F617 (rechts). Dieses malte er offensichtlich vor dem »Mondaufgang«, da das Korn gerade gemäht wird. Das Haus steht immer noch in Saint-Rémy (unten).

DON OLSON

KRÖLLER-MÜLLER MUSEUM, OTTERLO

rück und sechs Meter tiefer. Wir berechneten die kleinen Korrekturen unserer Beobachtungsdaten von Höhe und Azimut und fanden heraus, dass der Maler die Felsnase bei einem Azimut um 126 Grad gesehen haben muss. Das ist 36 Grad südlicher als genau Richtung Osten und in der Höhe zwischen 4½ Grad und 4¾ Grad ausgedehnt. Bei der Lage des Klosters (43° 47´ nördliche Breite) müssen Himmelskörper, die hinter dem Felsvorsprung aufgehen, eine Neigung von fast –21½ Grad haben. Unsere Computerberechnungen zeigten dann, dass es nur zwei Daten gab, an denen Vincent 1889 in der Abenddämmerung vom Kornfeld aus einen fast vollen Mond mit dieser Neigung aufgehen sehen konnte: den 16. Mai und den 13. Juli.

Des Rätsels Lösung

Kurz nachdem van Gogh im Mai in Saint-Rémy angekommen war, bemerkte er, dass das Kloster von »sehr, sehr grünen Weizenfeldern« umgeben war (Brief Nr. 591). Etwa Mitte Juni malte er »ein Kornfeld, das gelb wird ... die Kornähre von der Sonne gebrannt ... mit den warmen Tönen einer Brotkruste« (Brief W12). Ende Juni malte der Künstler einen Schnitter, der »ganz gelben« Weizen mäht (Brief Nr. 597). Das Bild »Mondaufgang« mit dem geschnittenen und in Heuhaufen geschichteten Korn kann also nicht mit dem Datum Mitte Mai in Verbindung gebracht werden. Es passt aber perfekt zu dem astronomisch hergeleiteten Datum im Juli. Und weil die Mondscheibe in knapp zwei Minuten hinter der Bergnase aufsteigt, können wir den genauen Zeitpunkt von van Goghs Mondaufgang angeben: 21.08 Uhr Ortszeit, am 13. Juli 1889.

Da van Gogh pro Tag ungefähr ein Gemälde oder ein Zeichnung anfertigte, schlagen wir auf Grundlage unserer Berechnungen vor, dass Brief 603, der den Mondaufgang als in Arbeit befindlich beschreibt, vom 14. Juli 1889 stammen muss – und stimmen mit Pickvances historischer Analyse überein!

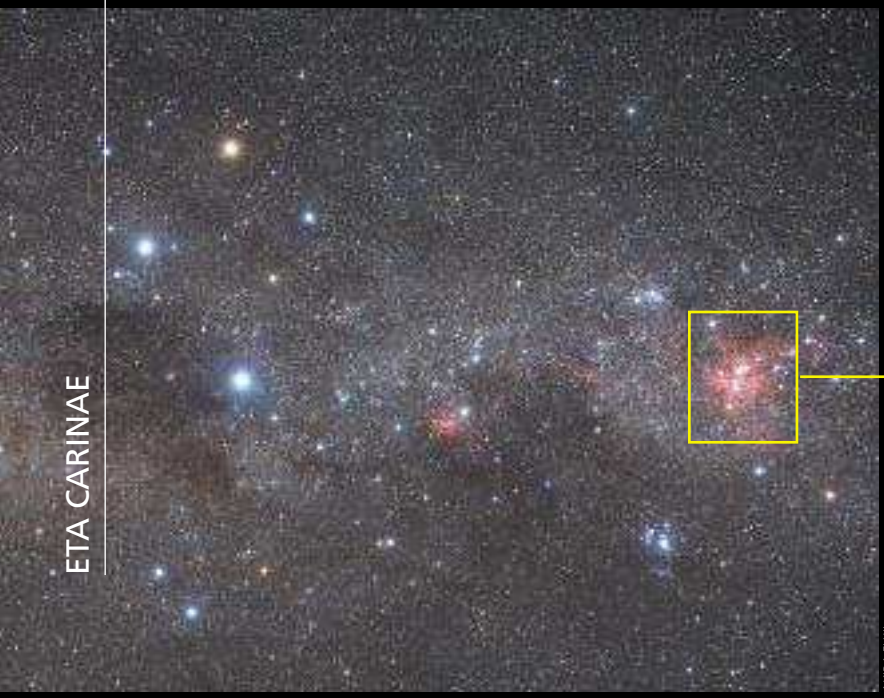
Unsere topografischen Beobachtungen zusammen mit den Computerberechnungen zeigen deutlich, dass Vincent den Mondaufgang nach der Natur malte und nicht nach Kompositionen aus dem Gedächtnis: Sowohl die Felsnase in den Alpillen als auch die Position des aufgehenden Monds sind im Bild richtig beschrieben. Die Schatten der Heuhaufen sind nicht nach dem Mond ausgerichtet. Das weist darauf hin, dass van Gogh im Feld blieb, während die Abenddämmerung schwächer wurde und der Mond am Himmel Richtung Süden emporstieg, wodurch die Schatten im Azimut wanderten.

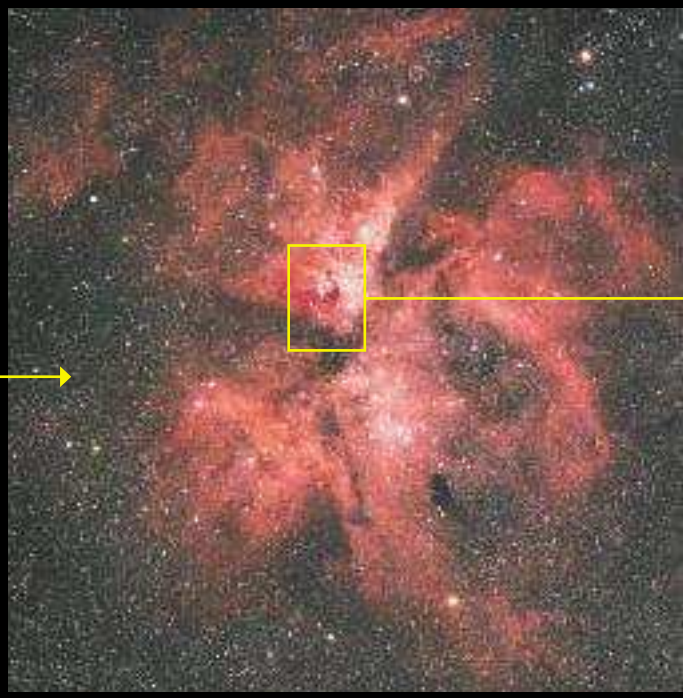
Überdies beschrieb er in einem Brief 1888 an seinen Künstlerfreund Émile Bernard sein Vertrauen in die natürliche Welt: »Ich arbeite niemals nach dem Gedächtnis ... Ich kann nicht ohne Modell arbeiten ... was die Form betrifft, habe ich zu viel Angst, vom Möglichen und Wahren abzuweichen ... meine Aufmerksamkeit ist so fixiert auf das, was möglich ist und wirklich besteht ... Ich übertreibe, manchmal verändere ich ein Motiv; aber ich erfinde eben nicht das ganze Bild; im Gegenteil, ich finde es fertig vor, aber es muß aus der Natur herausgeschält werden ...«

Jahrestag

Während im Jahre 2003 besondere Veranstaltungen an den 150. Geburtstag van Goghs erinnerten, fand auch ein astronomischer Geburtstag statt. Genau sechs 19-jährige metonische Mondzyklen sind seit van Goghs Sommer in Saint-Rémy vergangen. Daher gleichen sich die Kalenderdaten der Mondphasen von 2003 und 1889. Am 13. Juli 2003 sahen Beobachter in der Abenddämmerung den fast vollen Mond im Südosten aufgehen, so wie er es auch am 13. Juli 1889 tat, als Vincent van Gogh im Klosterfeld zwischen den Heuhaufen stand und die Szene in seinem bemerkenswerten »Mondaufgang« festhielt. <<

Don Olson, **Russell Doeschler** und **Marilynn Olson** haben schon zwei andere Gemälde van Goghs sowie eine Mondfotografie von Ansel Adams astronomisch datiert.





AKIRA FUJII

ETA CARINAE – Jahr der Entscheidung

Vor 160 Jahre überlebte er eine gewaltige Explosion. Können die Astronomen jetzt mithilfe von Amateurbeobachtern herausfinden, ob es sich bei diesem berühmten Objekt um einen Einzelstern oder ein Doppelsternsystem handelt?

>> Joshua Roth

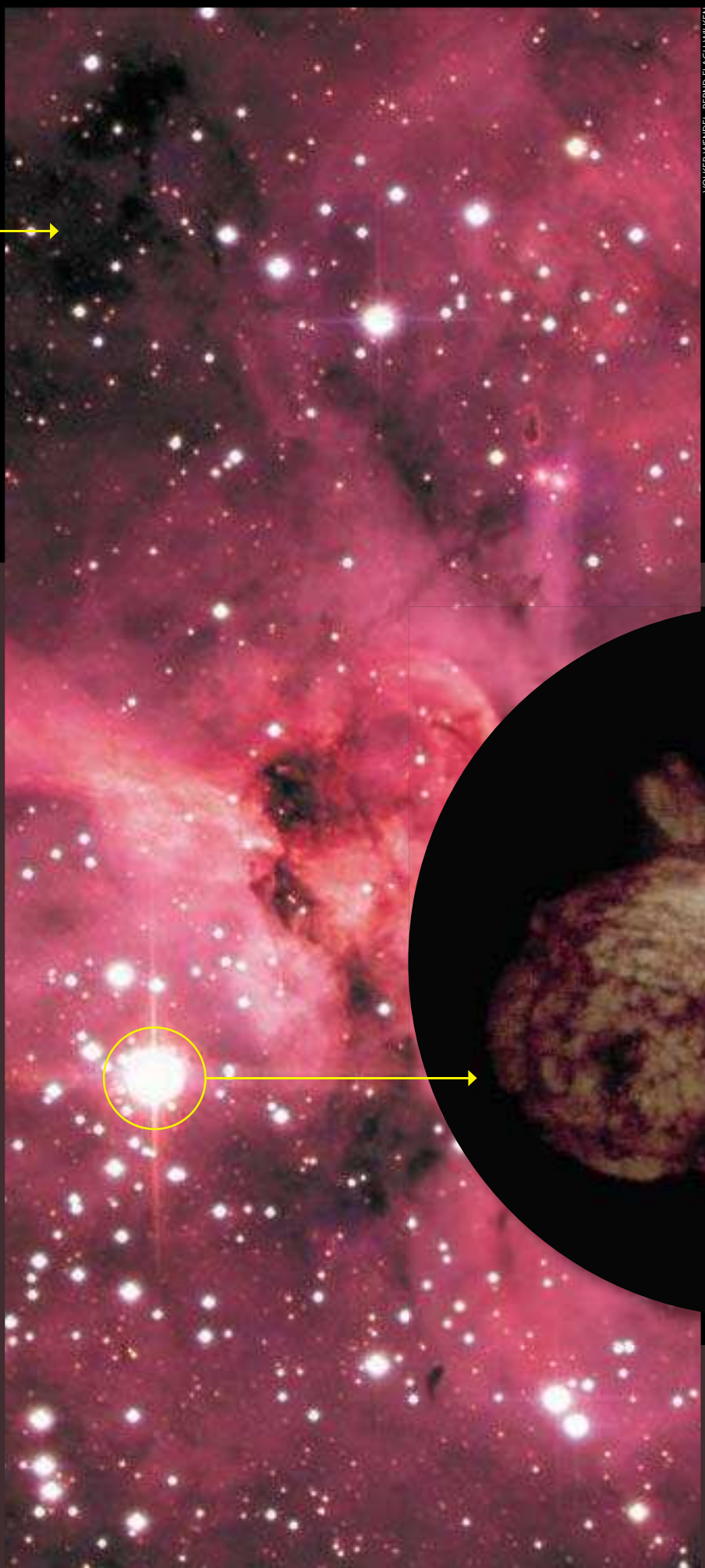
Wie die Bilder auf dieser Doppelseite zeigen, liegt er beneidenswerterweise in einer der fotogensten Umgebungen der Milchstraße: Eta Carinae ist der rätselhafte veränderliche Stern, der 1843 kurzzeitig den Überriesen Kanopus (Alpha Carinae) überstrahlte, obwohl Eta mit einer Entfernung von 7500 Lichtjahren zwei Dutzend Mal weiter entfernt ist. Eta Carinae gehört mit wenigen anderen zu den massereichsten Sternen die wir kennen. Sein Gewicht entspricht etwa der hundertfachen Masse der Sonne. Außerdem gehört er zu der kleinen Gruppe von Sternen, die jederzeit als Supernova an unserem Nachthimmel aufleuchten können.

Seine extremen Eigenschaften bergen den Schlüssel zu zahlreichen kosmologischen und astrophysikalischen Rätseln. »Wir wissen so wenig über die Entstehung solch massereicher Sterne«, sagt der Astrophysiker Theodore R. Gull vom Goddard Space Flight Center der Nasa. »Eta Carinae ist unser Prüfstein.« Mit ihren erstaunlichen, chemisch komplexen Winden und den Explosionen, die ihr Ende besiegeln, können uns solche supermassereiche Sterne zeigen, wie die ersten schweren Elemente im Weltall gebildet wurden.

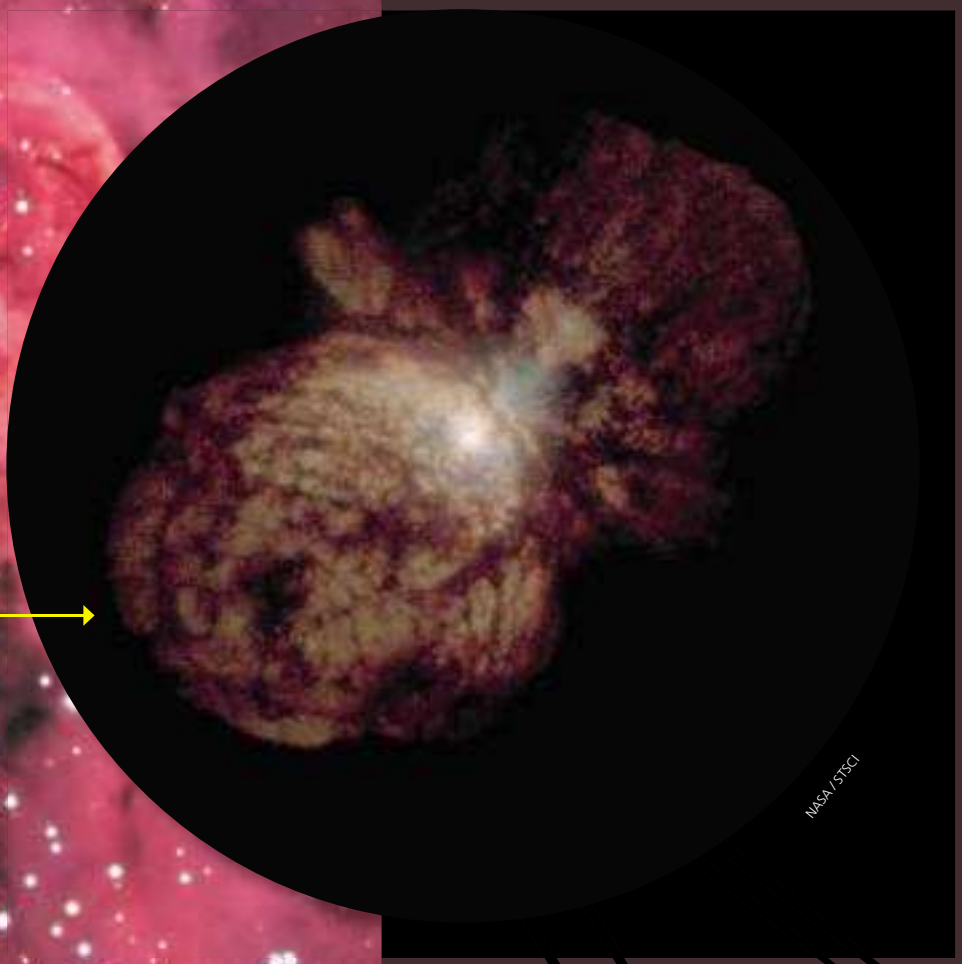
In den frühen 1990er Jahren verdoppelte Eta Carinae seine Strahlungsleistung von der gewohnten 6. Größe. Die in der Folgezeit gemachten Beobachtungen lieferten weit reichende Ergebnisse: Im Bereich des sichtbaren Lichts bestätigten Messungen der Eigenbewegung mit dem Hubble Space Telescope (HST) und Bilder von Großteleskopen auf der Erde, dass der »Homunkulus«, der staubige sanduhrförmige Nebel, der den Stern umgibt, in den 1840er Jahren entstanden ist – vermutlich als Folge des eruptiven Ereignisses, das Eta Carinae damals so hell aufleuchten ließ.

>

LUKE DODD



VOLKER WENDEL, BERND FLACH-WILKEN



NASA / STSCI

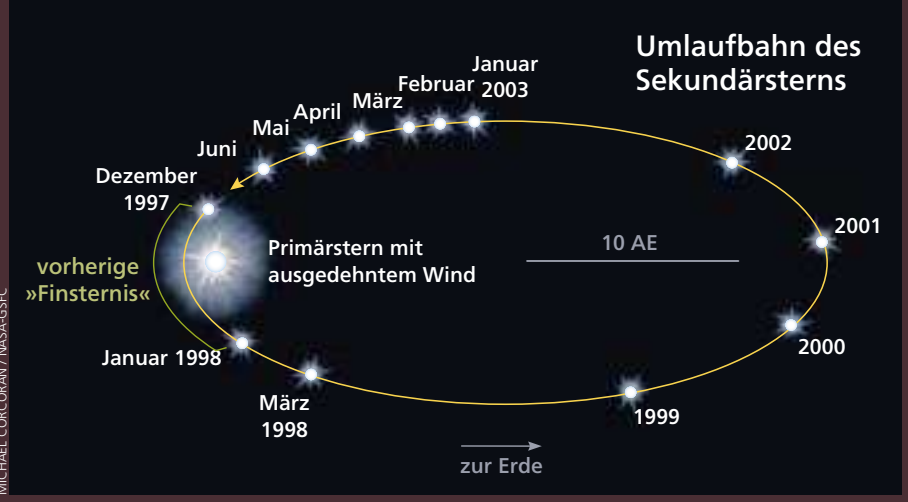
Unweit des Kreuz des Südens

(Bild ganz links), inmitten des Bands der Milchstraße, birgt NGC 3372, der Eta-Carinae-Nebel (zweites Bild von links), ein astrophysikalisches Mysterium: der von Staub verhüllte, wild veränderliche Stern Eta Carinae (η Car, links) mit einer sanduhrförmigen Hülle (unten). Die Experten widmen ihm Unmengen an Beobachtungszeit der Weltraumteleskope Hubble, Rossi und Chandra. Aber auch erfahrene Amateurastronomen können mit ihren Spektrografen zur Klärung des Rätsels beitragen – wenn ihre Geräte weit genug im Süden stehen, um diese Himmelsregion sehen zu können.

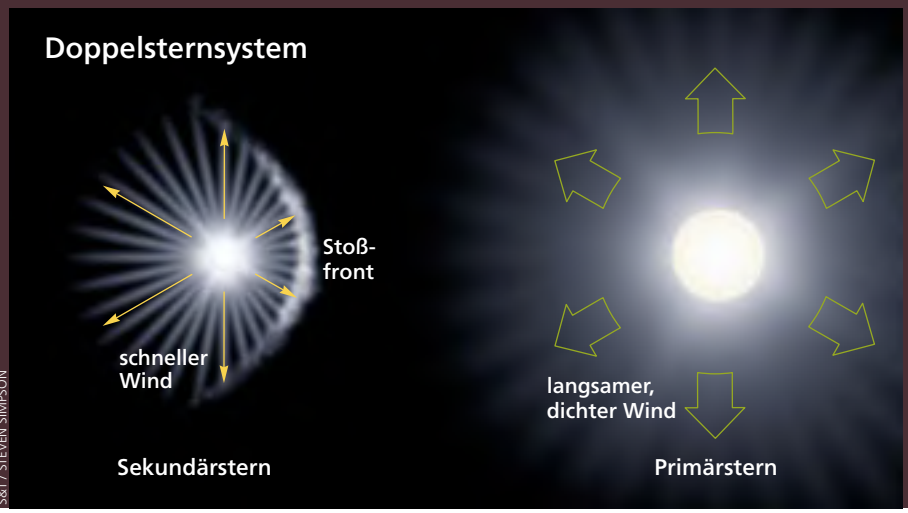
Eta Carinae besteht laut des Doppelsternmodells aus einem heißen, blauen Überriesen von vielleicht dreißig Sonnenmassen, der in fünfeinhalb Jahren einen rund einhundert Sonnenmassen schweren, kühleren Primärstern umläuft (Bild oben). Dabei durchkreuzt der Sekundärstern für einige Monate die ausgedehnte Fotosphäre des Primärsterns.

Die gemessene Röntgenstrahlung stammt von einer Stoßfront, die entsteht, wenn die Winde der Sterne kollidieren (Bild unten). Im Periastron wird die Stoßfront möglicherweise instabil oder durch den Staub im Wind des Primärsterns eingehüllt.

Das Doppelsternmodell in einer anderen Darstellung (Seite 31). Einer der Sterne verlor seine äußere Hülle, die einen großen Gasring ausbildet (nicht mehr im Bild). Dieser Ring verursacht die Taille der sanduhrförmigen Gestalt des äußeren Nebels.



MICHAEL CORCORAN / NASA-GSFC



S&T / STEVEN SIMPSON

> Im Jahr 1996 fügte der brasilianische Astronom Augusto Damineli von der Universidade de São Paulo der Saga um Eta Carinae ein überraschendes Kapitel hinzu. Er veröffentlichte Hinweise auf Periodizität im Spektrum des Sterns: Alle 5,5 Jahre verschwinden bestimmte Emissionslinien, gerade dann, wenn der Stern im nahen Infrarot heller wird.

Damineli zog zwei mögliche Ursachen für Eta Carinaes 5,5-Jahres-Zyklus in Erwägung. Im einen Szenario durchläuft Eta Carinaes Fotosphäre, also die äußere Atmosphärenschicht, wie ein Uhrwerk wiederkehrende Episoden der Ausdehnung und Abkühlung. Im anderen besteht Eta Carinae nicht aus einem, sondern aus zwei Sternen mit einer exzentrischen 5,5-Jahres-Umlaufbahn, die irgendwie deren Lichtabgabe beeinflusst.

Ted Gull nahm daraufhin die Daten des International Ultraviolett Explorer Satelliten (IUE, 1978–1996) unter die Lupe und fand Hinweise auf einen zweiten Stern mit einer 5,5-Jahres-Umlaufbahn, der im UV-Bereich strahlt – eine Stütze für die Doppelsterntheorie.

Ein Stern wie Eta Carinae, millionenfach heller als unsere Sonne, stößt ständig Teilchen mit hohen Geschwindigkeiten aus – ein heftiger Sternwind –, und genau das würde auch der mögliche Partnerstern tun. Michael F. Corcoran vom Goddard Space Flight Center der Nasa, Kazunori Ishibashi vom Massachusetts Institute of Technology und ihre Kollegen folgerten: Wenn die zwei Sterne sich alle 5,5 Jahre einander annähern, kollidieren ihre Winde. Dabei wird reichlich Röntgenstrahlung und jede Menge Staub freigesetzt.

Während viele Fragen offen bleiben, scheint das Doppelsternmodell »die meisten Dinge zu erklären, die wir sehen«, sagt Gull. Außerdem eröffnet es einige exotische Möglichkeiten. Pat W. Morris von der Universiteit van Amsterdam und mehrere Kollegen vertreten folgende Hypothese: Da sich die beiden Sterne im Periastron (siehe Glossar) bis auf wenige Astronomische Einheiten nähern, könnten Gezeitenkräfte Teile der Atmosphäre des jetzt kleineren Partners auf den anderen übertragen und dadurch das Aufleuchten in der Mitte des 19. Jahrhunderts ausgelöst haben.

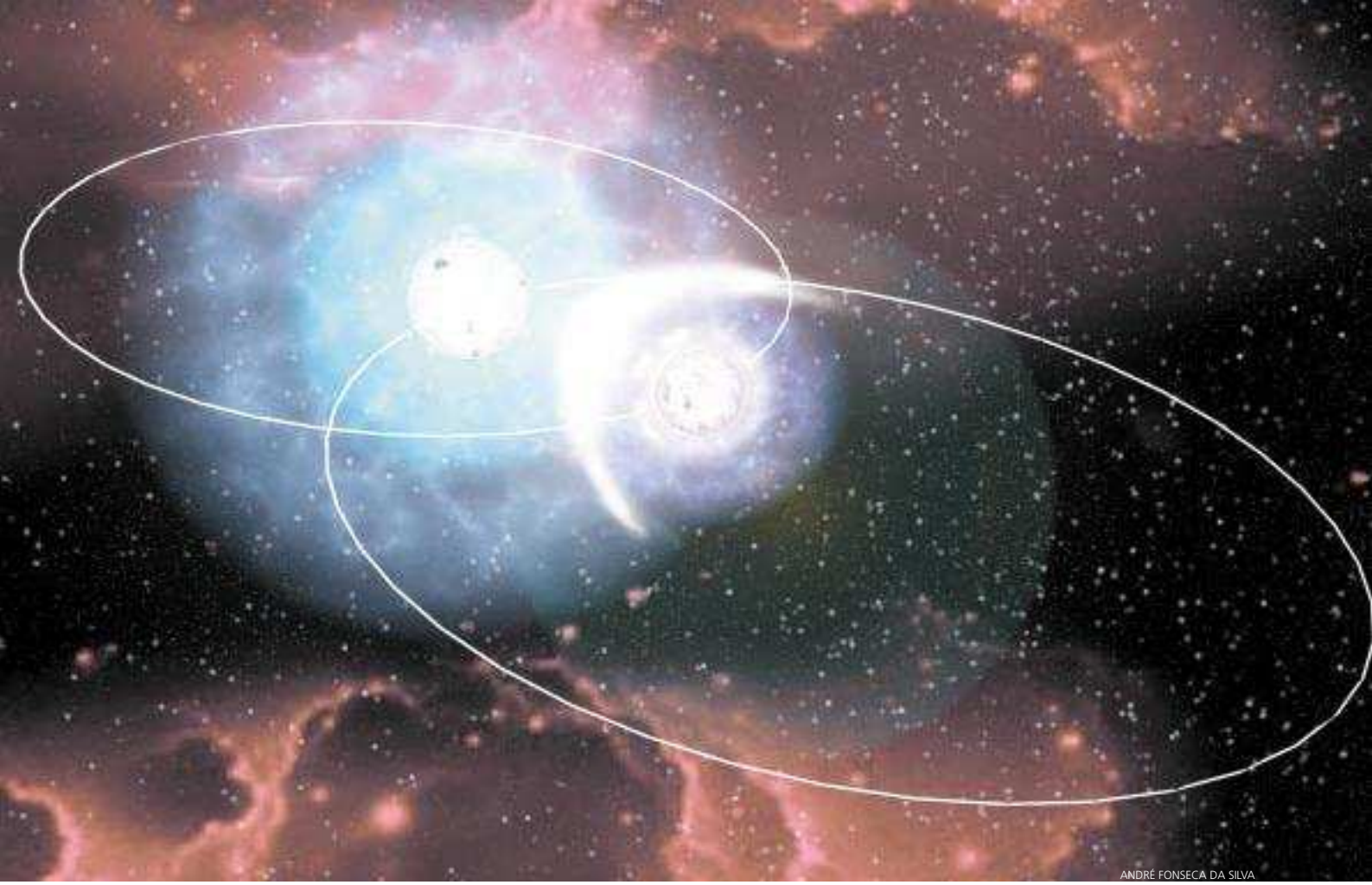
Solch ein Massentransfer könnte ebenfalls während des Periastron-Ereignisses von 1997/98 stattgefunden haben, wenn auch in wesentlich weniger dramatischem Maßstab, sagen manche Astronomen. Corcoran und seine Kollegen

GLOSSAR

Das **Periastron** ist der Punkt der größten Annäherung eines Satelliten, Kometen oder anderen Körpers an einen Stern. Es liegt dem Apastron auf der Bahn gegenüber, dem am weitesten entfernten Punkt. Ist die Zentralmasse kein Stern, sondern die Sonne (wie bei Planeten) oder die Erde (wie bei Satelliten oder dem Mond) spricht man vom Perihel beziehungsweise Perigäum.

Das **Ångström**, abgekürzt Å, wird auch heute noch oft als Einheit für Wellenlängen verwendet. 10 Ångström sind 1 Nanometer oder ein milliardstel Meter.

Der **Balmer-Sprung** liegt nach dem blauen Ende des sichtbaren Spektrums im nahen Ultraviolett bei einer Wellenlänge von 364,7 Nanometern. Lichtteilchen mit kürzeren Wellenlängen können bei Zusammenstößen solche Wasserstoffatome ionisieren, bei denen das Elektron auf dem zweitniedrigsten Energieniveau ist. Das Vorhandensein und die Stärke des Balmer-Sprungs in einem Spektrum ist ein Maß für den Ionisationsgrad der Umgebung des Objekts.



ANDRÉ FONSECA DA SILVA

schlossen dies aus Röntgen-Daten des Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE) mit dem unerwartet lang anhaltenden Strahlungsabfall: der »Finsternis«. Allerdings könnte der Ausbruch in der Mitte des 19. Jahrhunderts auch durch einen der beiden Sterne alleine ausgelöst worden sein, falls dieser instabil wurde und Materie mit einem Vielfachen der Sonnenmasse abstieß: jene Materie, die heute den Homunkulus bildet. Aber auch ein Einzelstern kann solch einen Ausbruch erleiden – dieses Modell ist also noch keinesfalls ad acta gelegt.

Alle Augen Richtung Süden

Fans von Eta Carinae betrachten alle Unsicherheit in Bezug auf dessen Natur als Ansporn und nehmen Teleskope auf der Erde und im Orbit in Beschlag, um den Stern so genau zu untersuchen wie nie zuvor. Allen voran nimmt das Hubble Weltraumteleskop detaillierte Spektren des Sterns und seiner Umgebung in sorgfältig ausgewählten Intervallen auf.

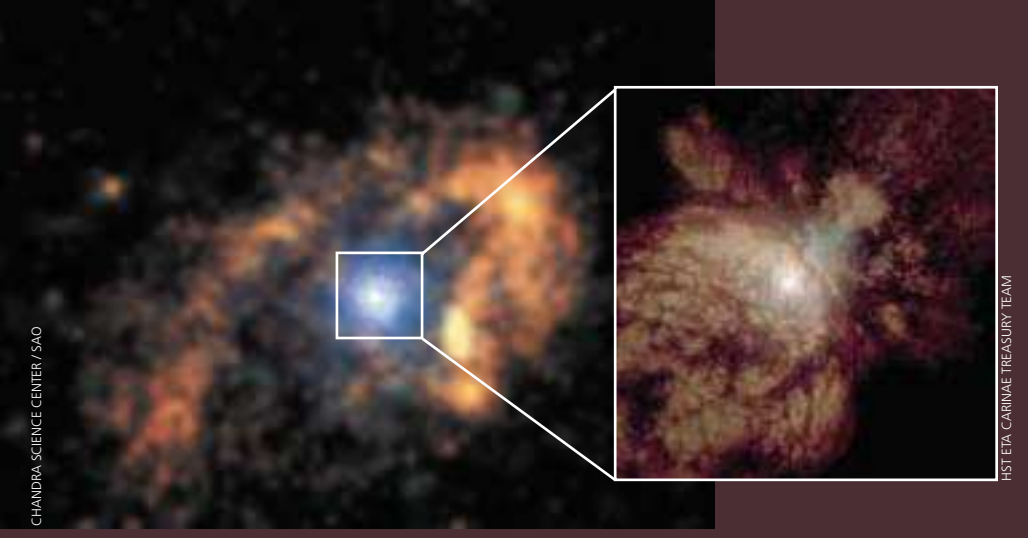
Falls der 5,5-Jahres-Zyklus tatsächlich existiert, sollte Eta Carinaes Röntgenhelligkeit Ende Mai oder Anfang Juni aufgeflammt und danach abrupt abgesunken sein. Falls sich das Doppelsternmodell als richtig erweist, müssten die Geschwindigkeitsveränderungen, die in einer exzentrischen Umlaufbahn während des Periastrons auftreten und die mit dem Space Telescope Imaging Spectrograph (Stis) von Hubble aufgezeichnet wurden, in den Spektren erkennbar sein.

Amateurastronomen mit kleinen Teleskopen könnten möglicherweise einen wesentlichen Beitrag zur weiteren Untersuchung des Objekts leisten – vorausgesetzt natürlich, sie leben und arbeiten in der Nähe des Äquators oder noch weiter südlich. »Das wird eine echte Chance für Amateurastronomen«, sagt Corcoran, »vor allem, wenn sie Spektren aufnehmen können.« (Siehe Kasten Seite 34.) Gull stimmt dem zu. Schließlich, so betont dieser, habe der argentinische Astro-Pionier Enrique Gaviola bereits in den frühen 1950er Jahren eine Veränderung in einer von Eta Carinaes Heliumlinien festgestellt, indem er Spektren auf Fotoplatten aufnahm und auswertete. Ausgerüstet mit CCDs könnten die »Amateure heutzutage wiederholen, was er tat – und dies sogar noch übertreffen«, bemerkt Gull.

Obwohl Damineli beinahe jede Nacht Zugang zum brasilianischen 1,6-Meter-Teleskop des Observatório do Pico dos Dias hat, wird das Wetter einige Beobachtungen verhindern, während vielleicht die entscheidenden Spektrallinien gerade heller oder schwächer werden. >

Eine Stoßwelle, die Röntgenstrahlen aussendet, könnte sich um Eta Carinae auch bilden, falls er ein Einzelstern ist: wenn nämlich ein schneller, dünner Sternwind von den Polen auf einen dichteren, langsameren Teilchenstrom aus der Nähe des Äquators trifft.

S & T / STEVEN SIMPSON



Das »Hufeisen« in der Falschfarbenaufnahme des Nasa-Röntgensatelliten Chandra (links) könnte eine Stoßfront sein, in der Material, das Eta Carinae im Ausbruch der 1840er Jahre mit Überschallgeschwindigkeit abgesprengt hat, auf die ruhende interstellare Materie in der Umgebung prallt. Rechts eine vom Hubble-Weltraumteleskop gemachte Nahaufnahme des Homunkulus.

> Darüber hinaus, sagt er, haben viele Forschungseinrichtungen, die Eta Carinae von anderen Orten hätten beobachten können, die Arbeit mit »kleinen« Instrumenten eingestellt – die Eso auf La Silla beispielsweise. Es gibt zwar ein internationales Projekt um Kerstin Weis von der Ruhr-Universität Bochum, das mit dem UV-Visual-Echelle-Spectrograph (Uves) am VLT auf dem Paranal beobachtet, aber nur in monatlichen Abständen beziehungsweise in der entscheidenden Phase wöchentlich. Ein weiterer wichtiger Standort ging verloren, als das australische Mount-Stromlo-Observatorium am 18. Januar abbrannte.

Dennoch haben so viele Beobachter wie noch nie – Profis wie Amateure – ihre Geräte auf Eta Carinae gerichtet. Milliarden Dollar teure Forschungssatelliten und dutzende Großteleskope am Erdboden haben Unmengen von Daten gesammelt.

2003 – das Jahr der Entscheidung?

Ist es nun ein Doppelstern oder nicht? Ted Gull erklärt uns die ersten Hubble-Daten: »Das vom Doppelsternmodell für den 29. Juli vorhergesagte Ereignis ist eingetreten. Wir haben hervorragende Daten, es hat sich viel bei Eta Carinae getan und wir beobachten nach wie vor weiter.« Auch Corcoran ist euphorisch: »Was den Röntgenbereich angeht, sind die Daten von Rossi überwältigend. Aber auch die Kollegen von den Chandra- und XMM-Newton-Satelliten haben Veränderungen gemessen, die vorher noch nie gesehen wurden. Eine Veröffentlichung wird schon vorbereitet, viele andere werden folgen, wenn wir unsere Lichtkurven mit denen anderer Wellenlängen vergleichen können.«

»Und von denen gibt es reichlich«, schreibt uns Damineli. »Forscher aus Brasilien, Chile und Frankreich haben Eta Carinae im Radiobereich beobachtet. Mit dem Swedish Eso Sub-millimeter Telescope (Sest) bei ein, zwei und drei Millimetern Wellenlänge und vom brasilianischen Itapetinga aus bei sieben Millimetern.«

Was die Natur des Objekts angeht, hat Damineli kaum noch Zweifel: »Alleine die optischen Daten haben nur noch eine Unsicherheit von 0,05 Prozent in der Periodendauer. So präzise schafft kein einzelner Stern eine Pulsation, es kann eigentlich nur ein enger Doppelstern sein.«

Experten erwarten, dass all diese Daten Fragen beantworten und aufwerfen werden, an die Astronomen noch nicht einmal gedacht haben. Einige dieser unerwarteten Antworten werden wir vielleicht in nur wenigen Monaten erhalten.

Bleiben Sie dran! <<

Auf etwa halber Strecke zwischen Äquator und Nordpol zu Hause, kann S&T-Redakteur **Joshua Roth** Eta Carinaes Kapriolen nur aus zweiter Hand erleben.

Amateure sind gefragt

Zugegeben, Amateure können ausschließlich mit sichtbarem Licht arbeiten und gelangen nicht einmal in die Nähe der spektralen oder räumlichen Auflösung des Hubble-Teleskops. Sie sind also sicherlich nicht in der Lage, Dopplerverschiebungen zu messen, die durch die Bewegung der Sterne entstehen. Sie können jedoch eine annähernd kontinuierliche Zeitabdeckung liefern und damit Lücken schließen, die selbst bei groß angelegten Beobachtungskampagnen der Profis wie Damineli auftreten werden.

Sorgfältig durchgeführte Breitbandfotometrie von Eta Carinae ist weiterhin unerlässlich. Schließlich kam das plötzliche Aufflammen von 1999 – also quasi mitten im Zyklus – für die Profiastronomen »wie ein Schock«. Aber Spektroskopie wird ganz besonders wertvoll sein, sagt Damineli.

Für die Ausrüstung der Amateure nennt er als Mindestanforderung: Teleskope mit Öffnungen von wenigstens dreißig Zentimetern und CCD-basierte Spektrometer, die nicht mehr als 0,2 Nanometer (2 Ångström, siehe Glossar Seite 32) pro Pixel aufnehmen. »Das Schwächerwerden der Emmisionslinien kann mit einem Amateurspektrografen und einem CCD leicht registriert werden«, sagt er. Beobachter sollten Erfahrung darin haben, die Wellenlängenskala des Instruments zu kalibrieren und das Spektrografengitter so auszurichten, dass die entscheidenden Spektrallinien Ne III, Fe III, N II, S III, Ar III und der Balmer-Sprung (siehe Glossar) auf den Chip fallen.

Bei der Auswahl der Hardware gilt es, eine Besonderheit zu berücksichtigen: Die Sensitivität der meisten kommerziell erhältlichen CCD-Kameras nimmt im Ultravioletten stark ab und einige CCDs könnten nicht in der Lage sein, den Balmer-Sprung um 364,7 Nanometer einzufangen. Falls der Chip den Bereich von 350 bis 380 Nanometern aufnehmen kann, empfiehlt Daminieli, die Kalibration in zwei Schritten vorzunehmen: Legen Sie zuerst den Spalt des Spektrografen über Eta Carinae und den Stern HD 303308 (8. Größe, eine Bogenminute nördlich). Machen Sie anschließend eine Referenzaufnahme von einem spektroskopischen Standardobjekt wie dem Stern HR 4468 (Theta Crateris) mit 4,7ter Größe.

OZEANE IM

Immer neue Meere werden im Sonnensystem entdeckt. Der Bereich um einen Stern, in dem Leben entstehen kann, ist möglicherweise größer als vermutet.

>> David J. Stevenson

NASA / JPL

Ozean ist nicht gleich Ozean. Die »nackten Ozeane« (Illustration rechts, Bild 1) unseres blauen Planeten (großes Bild) sind schon vom Weltraum aus sichtbar. Über »verhüllten Ozeanen« wie denen vom Saturnmond Titan liegt eine dicke Atmosphärenschicht, die wenig Wärme entweichen lässt (Bild 2). Das Meer auf dem Bild 3 ist, wie vielleicht auf dem Jupitermond Europa, unter einer dicken Eisschicht verborgen.

SONNENSYSTEM

Unser Planet ist zu zwei Dritteln von Wasser bedeckt, selbst vom Weltraum aus sind die Ozeane sichtbar. Ihr Wasser beeinflusst die Bewegungen der Erdkruste, den Vulkanismus und die Entstehung von Landschaften. Vor allem aber ist es Voraussetzung für Leben auf der Erde.

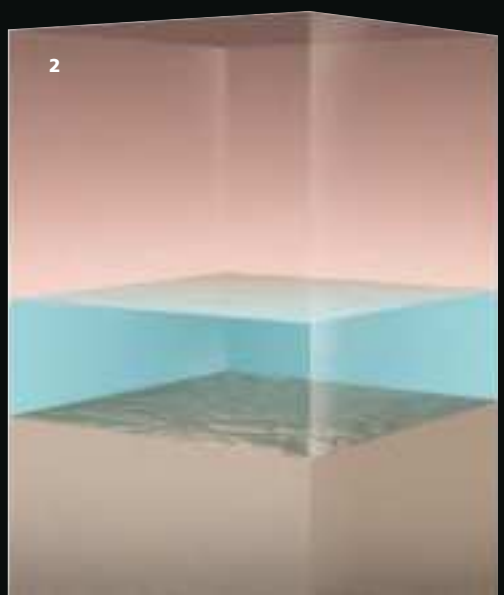
Ozeane wie die unseren entstehen nur unter bestimmten Bedingungen. Der nächste Planet in Richtung Sonne, die Venus, ist vollkommen trocken. Der nächste Planet in entgegengesetzter Richtung, Mars, weist uralte Spuren von Flüssen sowie Anzeichen geologisch junger, aber kurzzeitiger Wassereinwirkung auf. Dennoch, und obwohl dort jüngst unterirdische Eisvorkommen entdeckt wurden, fließt auf dem Roten Planeten heute kein einziger Tropfen Wasser. Darum definierte man die »habitable Zone« – jene Bereiche um Sterne, in denen ein erdähnlicher Planet existieren und Leben möglich sein könnte – bisher sehr eng und hielt sie für deutlich schmaler als das Gebiet zwischen den Umlaufbahnen von Venus und Mars.

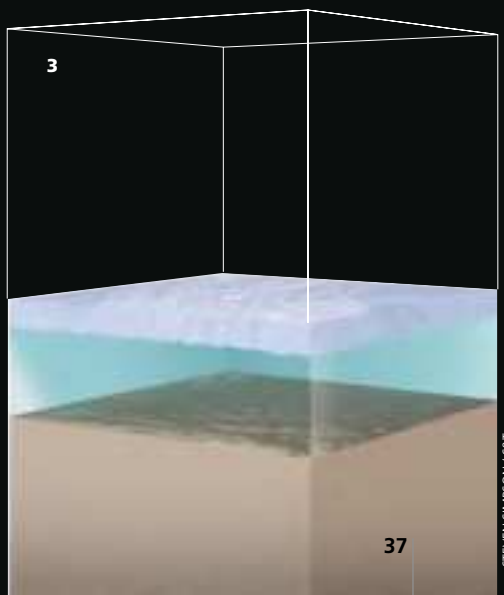
Neuere Entdeckungen zwingen uns allerdings zum Umdenken: Nun hält man es für wahrscheinlich, dass Wasserozeane deutlich häufiger im Universum vorkommen als vermutet und dass sie nicht nur auf Planeten bestimmter chemischer Zusammensetzung, Masse und Position im Sonnensystem beschränkt sind. Vielmehr scheint es nach den jüngsten Endeckungen von Ozeanen auf anderen Planeten unseres Sonnensystems möglich, dass fast überall im Universum bewohnbare Zonen existieren könnten.

Das Molekül Wasser (H_2O) besteht aus Wasserstoff (H), dem häufigsten Element im Kosmos, und Sauerstoff (O), dem dritthäufigsten (das zweithäufigste ist Helium, das als Edelgas jedoch keine Moleküle bildet). Wasserstoff wird nur unter sehr extremen Bedingungen flüssig oder fest. Verbindet er sich jedoch mit Sauerstoff zu Wassermolekülen, so können diese kondensieren und stehen dann als Bausteine für Planeten oder deren Kerne zur Verfügung.

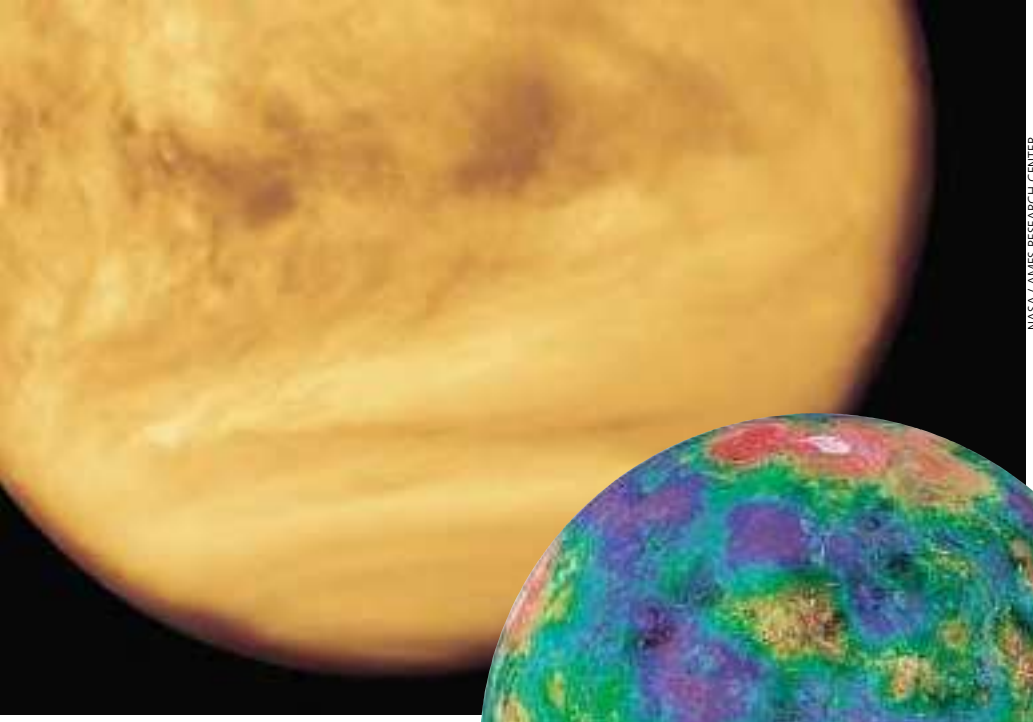
Bei der Entstehung unseres Sonnensystems kondensierte die meiste Materie jenseits des Asteroidengürtels zwischen Mars und Jupiter. Hauptzutat dieses Kondensats war H_2O. Ich schreibe im Folgenden meist H_2O, weil »Wasser« nur dessen flüssige Form bezeichnet. Der Begriff H_2O dagegen umfasst alle Erscheinungsformen des Moleküls, das auch >

Verbergen sich hier gigantische Meere? Auf den Jupitermonden Europa und Kallisto entdecken Forscher womöglich bald Wasser, und selbst unser Nachbar Venus war vor langer Zeit ein blauer Planet (von oben nach unten).

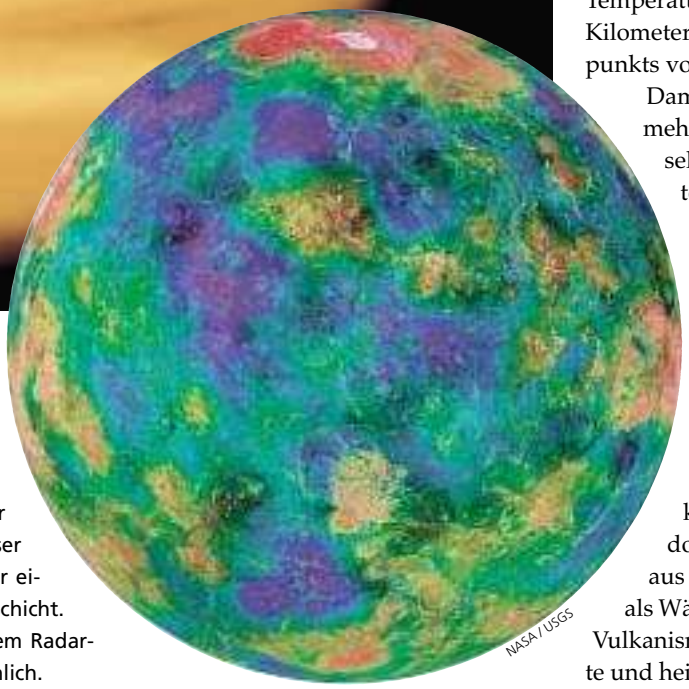




STEVEN SIMPSON / S&T



NASA / AMES RESEARCH CENTER



NASA / USGS

Höllisch heiß. 400 °C herrschen an der Venusoberfläche. Wäre die Venus (oben) weiter von der Sonne entfernt und damit kälter, könnte an ihrer Oberfläche flüssiges Wasser existieren, verborgen unter einer dicken Atmosphärenschicht. Dann sähe sie vielleicht dem Radarfalschfarbenbild rechts ähnlich.

> als Eis oder chemisch im Gestein gebunden vorkommt.

Erstaunlicherweise verfügt die Erde, gemessen an kosmischen Standards, über sehr wenig Wasser: Es macht nur rund ein Tausendstel ihrer Masse aus. So gesehen ist es ein Glücksfall, dass unser Planet überhaupt H_2O besitzt. Vermutlich erreichte es uns vor etwa 4,5 Milliarden Jahren, als sich nahe Jupiter kleine Fels- und Eisbrocken bildeten und von der Schwerkraft des Planeten und seiner Monde auf Kollisionskurs mit der Erde geschickt wurden. Seltener sorgten auch Kometen für die H_2O-Zufuhr.

Das meiste H_2O jedoch blieb jenseits des Asteroidengürtels. So bestehen etwa die Jupitermonde Ganymed und Kallisto und der Saturnmond Titan zu je rund der Hälfte aus H_2O. Sein Anteil am Jupitermond Europa, am Neptunmond Triton und an Pluto ist ebenfalls viel größer als der H_2O-Anteil der Erde. Die nichtgasförmigen Komponenten der Riesenplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun setzen sich vermutlich sogar überwiegend aus H_2O zusammen. Das äußere Sonnensystem ist also voller Wasser, ob in flüssigem, festem oder gasförmigem Zustand, das allerdings zumeist an sehr kalten Orten konzentriert ist. Seine Innenregion, in der auch die Erde liegt, erscheint dagegen trocken wie eine Wüste. Ozeane aus flüssigem Wasser sind demnach, so möchte man vermuten, unwahrscheinlich.

Flüssiges Wasser dank Treibhauseffekt

Die irdischen Ozeane sind vom Weltraum aus erkennbar, weil sie das Sonnenlicht zurückspiegeln und im Infraroten Wärmestrahlung abgeben. Dass solche »nackten« Ozeane flüssig sind, verdanken sie dem Treibhauseffekt in der Atmosphäre, der die Wärme nahe der Planetenoberfläche festhält. Sonnenstrahlen treffen zwar auf die Erde, doch ihre Energie entkommt nur schwer wieder, weil viele atmosphärische Gase für Wärmestrahlung undurchlässig sind, selbst wenn sie für sichtbares Licht transparent erscheinen.

Neben dem Wasserdampf spielt Kohlendioxid eine unentbehrliche Rolle als Treibhausgas der Erde. Es gab vermutlich Zeiten, zu denen die Meere unseres Planeten von dicken Eisschichten überdeckt waren, weil der atmosphärische Kohlendioxidspiegel zu sehr sank. Den Treibhauseffekt gibt es aber auf vielen Planeten. Auf der Venus ist er sogar so stark, dass ihre Oberfläche über vierhundert Grad Celsius heiß ist, während die Temperatur über den Wolken in rund 65 Kilometer Höhe unterhalb des Gefrierpunkts von Wasser liegt!

Damit wird schon klar, weshalb wir mehr Ozeane auf fremden Planeten, selbst auf Monden, erwarten sollten. Theoretisch kann jeder Himmelskörper einen Ozean beherbergen, egal wie kalt seine äußere Hülle ist, wenn er nur eine Wärmequelle unterhalb einer isolierenden Schicht besitzt. Hauptsache, unter der Treibhausschicht ist es warm genug für flüssiges Wasser. Die nötige Wärme kann von der Sonne stammen, doch auch radioaktive Strahlung aus den Gesteinsschichten kommt als Wärmequelle in Frage, ebenso wie Vulkanismus, Bewegungen der Erdkruste und heiße Tiefseeschlote.

Neben dem Treibhauseffekt können auch andere Umstände für den Fortbestand von Ozeanen aus flüssigem Wasser auf einem Himmelskörper verantwortlich sein: »Eingeschlossene Ozeane« etwa liegen unter einer schützenden Eisschicht, »verhüllte Ozeane« sind unter einer dichten Atmosphäre verborgen. Diese kann so dick sein, dass wir das Meer unter ihr nicht mehr sehen können. Auch kann Wasser selbst unter null Grad Celsius flüssig bleiben, weil zum Beispiel ein »Frostschutzmittel« darin gelöst ist. Das wichtigste Frostschutzmittel im Kosmos ist vermutlich Ammoniak, eine Verbindung aus Wasserstoff und dem im Kosmos ebenfalls üppig vorhandenen Stickstoff. Eine Lösung aus einem Teil Ammoniak und zwei Teilen Wasser (ein hoch konzentriertes Putzmittel) bleibt bis –100 Grad Celsius flüssig, auch wenn sie dabei zäh wie Honig wird!

Europa ist einer der vier Monde, die Galileo Galilei vor fast vierhundert Jahren entdeckte. Überwiegend felsig, besitzt er eine Hülle aus gefrorenem Wasser. Die Durchschnittsdichte des Monds lässt vermuten, dass er zu rund zehn Prozent aus H_2O besteht. Die überaus er-

folgreiche Galileo-Mission, die im September planmäßig auf Jupiter stürzte, flog mehrfach an Europa vorbei. Sie erlaubte, aus der Schwerkraft des Monds auf eine zweihundert Kilometer dicke H_2O-Schicht zu schließen. Ob es sich dabei um flüssiges oder gefrorenes Wasser handelt, blieb wegen des geringen Dichteunterschieds von acht Prozent leider unklar.

Seit Jahrzehnten debattieren Astronomen darüber, ob diese Schicht einen Ozean enthält. Manche vermuten, dass Europa – wie Io, wenn auch weniger stark – auf indirekte Weise durch Jupiters Schwerkraft aufgeheizt wird. Das funktioniert so: Jupiters Monde Io, Europa und Ganymed bilden ein himmlisches Ballett, bei dem die Umlaufdauern im Verhältnis 1 : 2 : 4 zueinander stehen. Ähnlich wie man ein Kind auf einer Schaukel mit wenig Kraft in Schwung halten kann, wenn man es genau im richtigen Moment anschiebt, so erhalten auch Io und Europa bei ihren Umläufen immer neuen Schwung für ihre exzentrischen Bahnen.

Dabei schwankt der Abstand Europas von Jupiter so stark, dass sich seine Fels- und Eisschichten im Gezeitenwechsel heben und senken. Das verursacht Reibung; Wärme wird erzeugt. Bilder der Galileo-Mission und der Raumsonde Voyager lassen eine sehr bewegliche und stark zerklüftete Oberfläche Europas erkennen. Viele Geologen folgerten daraus, dass es sich dabei um eine dünne Eiskruste über einem Ozean handeln könnte. Spektroskopische Daten wiesen zudem Salze nach (möglicherweise hydriertes Magnesiumsulfat): Vielleicht dringt salziges Wasser an die Oberfläche, wo es dann gefriert.

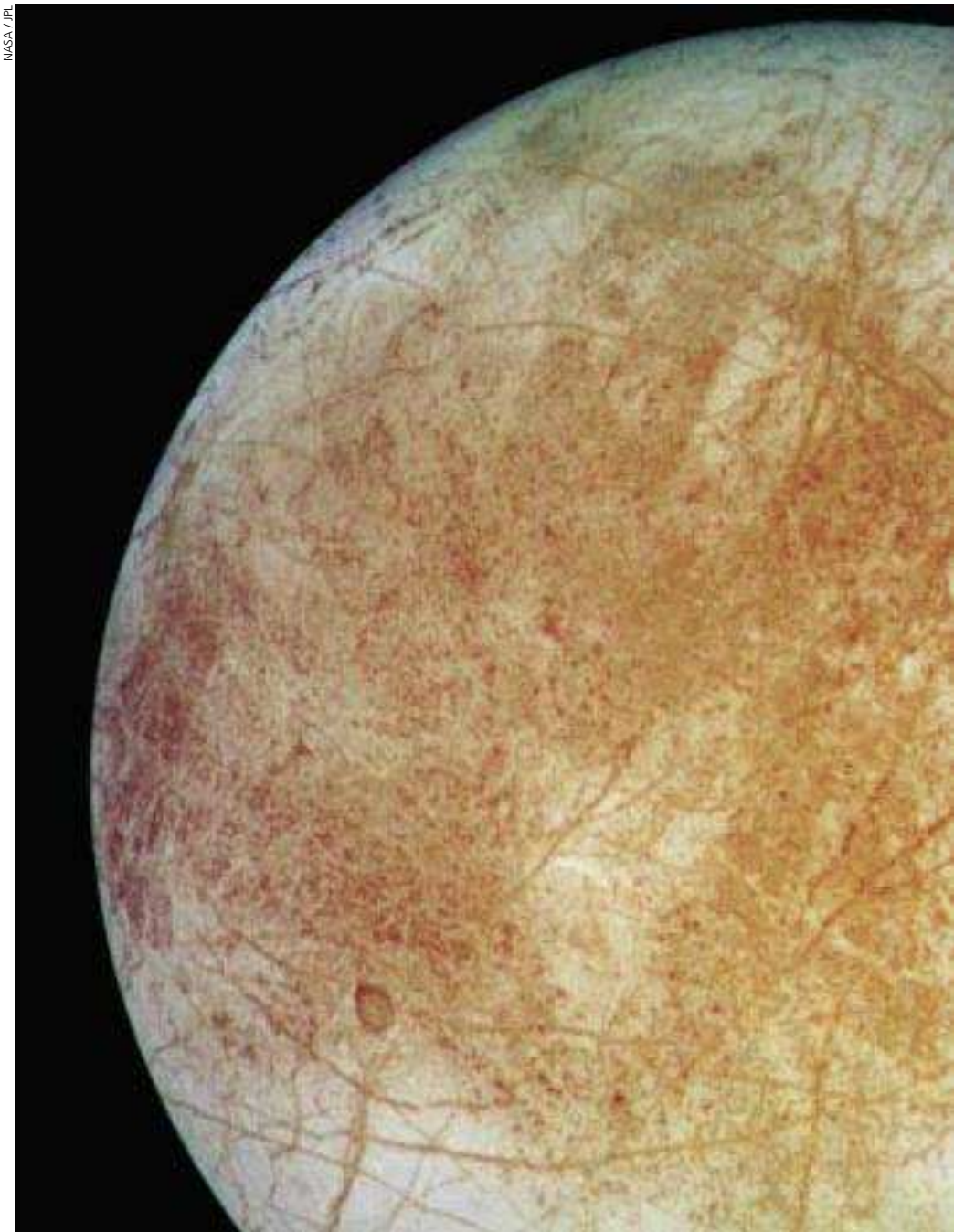
Doch weder die geologischen noch die spektroskopischen Daten liefern eindeutige Hinweise auf einen Ozean. So könnten die bemerkenswerten geologischen Formationen auch das Ergebnis einer spröd-kalten Eiskruste sein, die über eine Schicht aus wärmerem, weicherem Eis rutscht. Berechnungen zufolge betrüge der Gezeitenhub zwanzig Meter, sollte es sich um eine auf Wasser treibende Eiskruste handeln, und nur einen halben Meter im Falle einer unmittelbar am Felsgestein festgefrorenen Eisschicht. Beide Annahmen können die Oberflächenstrukturen von Europa problemlos erklären, im letzteren Falle wären die Salze das Resultat von abschmelzendem Eis.

Salzwasser im Untergrund

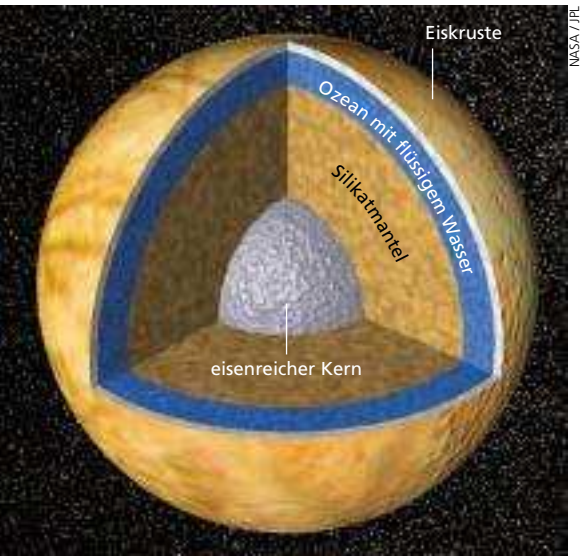
Zusätzliche Daten des Magnetometers von Galileo deuten jedoch darauf hin, dass es sich tatsächlich um einen Ozean handelt. Dieses Instrument, das von einem Team um Margaret G. Kivelson von der University of California in Los Angeles betreut wird, vermaß bei Galileos erstem nahen Vorbeiflug an Europa das Magnetfeld des Monds.

Im Jahr 1997 fiel mir bei meinen Untersuchungen auf, dass die Ergebnisse eine unterirdische Schicht aus flüssigem Wasser nahe legen, und zwar aus folgendem Grund: Ein zeitlich veränderliches Magnetfeld bewirkt in leitenden Materialien einen elektrischen Wirbelstrom. Dieser wiederum erzeugt ein weiteres, schwächeres so genanntes sekundäres Magnetfeld. Auch Europa spürt auf seiner Bahn um Jupiter ein sich stets veränderndes Magnetfeld, weil Jupiters Magnetfeld (wie das der Erde) geneigt ist und Jupiter alle zehn Stunden um seine Achse rotiert. Besitzt Europa eine über den gesamten Mond reichende Schicht >

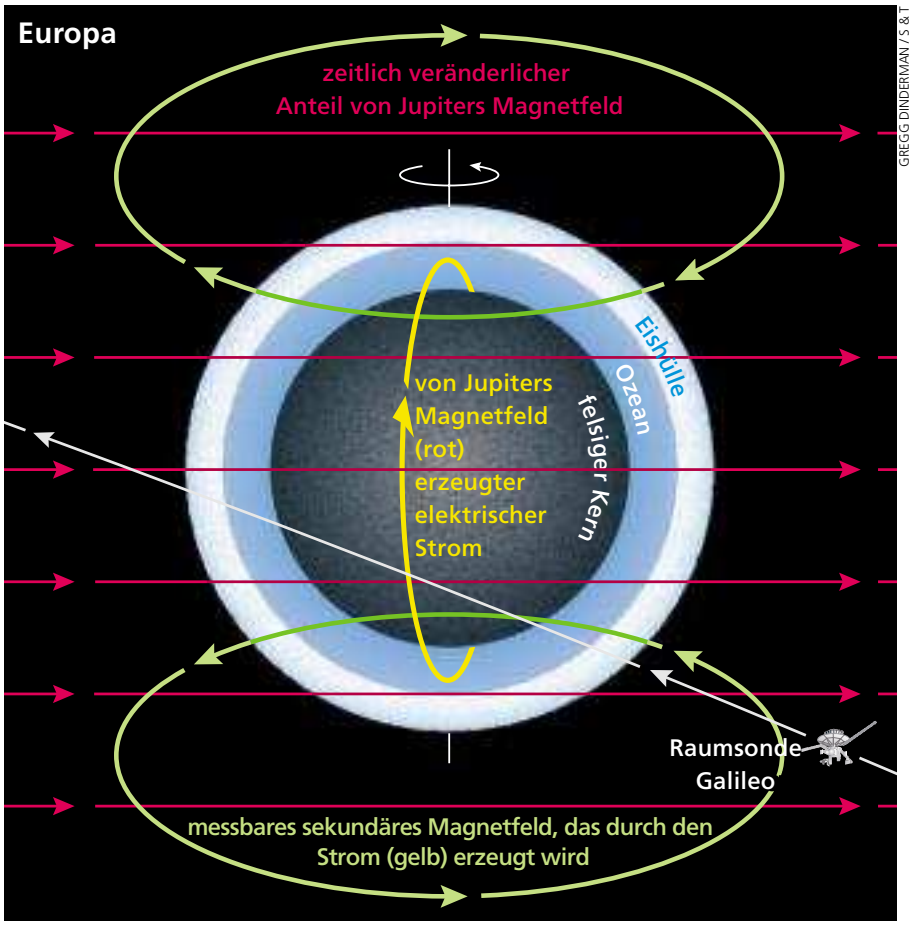
NASA / JPL



Europas verborgenen Ozean ließen erstmals Voyager-Bilder erahnen. Seine häufig durchbrochene Oberfläche zeigt Höhenstrukturen, als ob dort Ströme von Eis nach außen gedrungen seien. Nahezu kraterfrei erscheint der Mond wohl deshalb, weil seine Oberfläche ständigen Umwälzungen unterliegt.



NASA / JPL



GREGG DINDERMAN / S & T

Eingeschlossener Ozean auf Europa? Hier ist die Wahrscheinlichkeit am größten, dass unter einer Eishülle tatsächlich ein ausgedehntes Reservoir an flüssigem Wasser existiert (oben).
Jupiters Magnetfeld (rot) lässt in Europas Ozean Strom fließen (gelb). Dieser erzeugt ein weiteres Magnetfeld (grün), das Jupiters Feld messbar verkleinert (rechts).

> aus einem genügend leitenden Material, entsteht darin ein Wirbelstrom und in dessen Folge ein sekundäres Magnetfeld. Messungen der Galileo-Sonde bestätigten, dass sich Europas Magnetfeld tatsächlich nur so erklären lässt.

Um welches leitfähige Material könnte es sich im Falle von Europa also handeln? Gefrorenes Wasser leitet nicht, ebenso wenig wie Fels. Metalle kämen infrage, eine Schicht Grafit würde ebenfalls genügen, beides gilt auf Europa aber als ausgeschlossen. Auch eine »Ionosphäre«, eine Atmosphärenschicht mit vielen freien Ladungsträgern, könnte das Magnetfeld hervorrufen, doch dafür besitzt Europa zu wenig ionisiertes Gas. Als Kandidat für eine leitende Schicht bleibt noch salziges Meerwasser: Auch auf der Erde rufen Variationen im Magnetfeld über der Erde – ausgelöst durch Veränderungen in deren Ionosphäre – sekundäre Magnetfelder in den irdischen Ozeanen hervor.

Tatsächlich zeigen Berechnungen, dass eine Schicht Salzwasser die bei weitem überzeugendste Erklärung für die Beobachtungen auf Europa ist. Wäre der Salzgehalt vergleichbar mit dem auf der Erde, müsste sie mindestens zehn Kilometer dick sein. Als Salz kommt jedes ionisierbare Mineral infrage. Über die Dicke der Eiskruste dieses Ozeans wird indes heftig debattiert. Viele Schätzungen bewegen sich im Bereich zwischen zehn und vierzig Kilometern. Der Ozean selbst könnte über hundert Kilometer tief sein.

Hitze aus dem Gestein

Überraschenderweise wurden von Kallisto, dem zweitgrößten Jupitermond, ganz ähnliche Magnetfeldsignale aufgefangen. Könnte also auch dort ein Ozean existieren? Früher vermutete man, dass ein Fels- und Eiskörper von Kallistos Größe keinen Ozean besitzen kann, wenn seine einzige Wärmequelle radioaktive Strahlung aus dem Kern ist.

Neueren Erkenntnissen zufolge, die über das Fließverhalten und die Bewegungen von Eis gewonnen wurden, könnte dies aber genügen. Vor allem wenn das Gestein genügend Kalium enthält, denn ein im Kosmos weit verbreitetes, instabiles Isotop dieses Elements zerfällt unter Wärmeausstrahlung. Im Wasser gelöste Salze und Schichtungen im Eis erhöhen die Wahrscheinlichkeit für flüssiges Wasser weiter.

Gibt es ihn tatsächlich, liegt der Ozean wohl rund 150 bis 200 Kilometer unter der Oberfläche, verpackt zwischen einer lockeren Eisschicht darüber und einer Lage aus deutlich dichterem Eis darunter. In dieser Tiefe – unter einem Druck, 2000fach höher als jener auf der Erdoberfläche – sinkt der Schmelzpunkt von reinem Wassereis auf –20 Grad Celsius.

Übrigens könnte auch Jupiters größter Mond Ganymed ein sekundäres Magnetfeld und damit einen Ozean besitzen. Doch Ganymed hat einen eisenreichen Kern und damit ein sehr viel stärkeres eigenes Magnetfeld, das mögliche Hinweise darauf überdeckt.

Die Raumsonde Cassini ist unterwegs zu Saturn und dessen Mond Titan. Ihre ab 2004 erwarteten Messergebnisse werden viel über Titan verraten, der seinen Verwandten Ganymed und Kallisto in Größe und Masse stark ähnelt und doch in seiner chemischen Zusammensetzung und Atmosphäre so anders ist. Vermutlich besitzt auch Titan einen wasserreichen Ozean, die Bedingungen dafür sind auf ihm sogar noch günstiger als auf Kal-

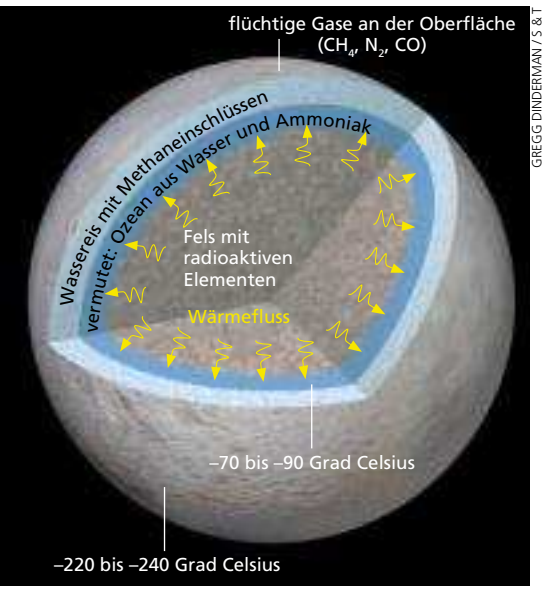
listo. Seine Oberfläche ist zwar kälter, doch seine radioaktive Strahlung erzeugt ausreichend Wärme. Weil jedoch Saturns Magnetfeld nicht geneigt ist, hat Titan ein sehr viel schwächeres sekundäres Magnetfeld, das darum schwerer zu finden sein wird.

Noch ungewisser ist die Antwort auf die Frage, ob etwa der Neptunmond Triton und der Planet Pluto, zwei Himmelskörper ähnlicher Größe und Dichte weit außen in unserem Sonnensystem, Meere aus Wasser und Ammoniak unter ihren eisigen Hüllen verbergen. Erst die für 2006 geplante »New Horizons«-Sonde könnte auf ihrem Weg zum Kuiper-Gürtel Plutos Oberfläche auf starke Bewegungen des Eises untersuchen.

Leben auf fernen Planeten?

Sehr wahrscheinlich hingegen ist, dass tief unter der Oberfläche von Uranus und Neptun große Mengen H_2O gefunden werden, unter anderem mit Wasserstoff, Methan und Ammoniak vermischt. Für ein Wassermeer ist es dort jedoch zu heiß. In beiden Planeten herrschen vermutlich schon in einer Tiefe von rund 2500 Kilometern, das ist weniger als ein Zehntel ihres Radius, Temperaturen von über tausend Grad Celsius.

Doch wie liegen die Verhältnisse bei Planeten außerhalb unseres Sonnensystems? Möglicherweise ganz anders: So sind nach heutigem Wissen »Super-Ganymeds« denkbar, die wie der Jupitermond aufgebaut sind, aber die Masse der Erde haben, oder »Sub-Neptune«, die in ihrer Zusammensetzung Uranus und Neptun ähneln, aber deutlich kleiner sind. Planeten wie diese besäßen schon deswegen Ozeane, weil H_2O im Kosmos so reichlich vorhanden ist. Da für ihren Fortbestand Radioaktivität und Wärme aus der Planetenbildung genügen, könnten solche Ozean-Planeten überall im Kosmos existieren.



GREGG DINDERMAN / S & T

In den Ozeanen der Erde entstand einst das Leben. Wenn nun Wasser-Ozeane im Universum weit verbreitet sind, bedeutet dies, dass auch Leben weit verbreitet ist? Noch wissen wir zu wenig über dessen Ursprung, um das zu beantworten. Die von der Nasa erwogenen Missionen zu Europa könnten weitere Erkenntnisse liefern, da dieser Mond einen Ozean besitzt, in dem die Bedingungen für die Entstehung von Leben besonders günstig sind. Es könnte dort sogar aktive Vulkane und Strömungen heißen Wassers in den Meerestiefen geben oder zumindest gegeben haben.

Es ist verständlich, aber bedauerlich, dass manche unserer Vorstellungen von Leben und Evolution vor allem um die Erde kreisen und genau jene Stoffwechselkreisläufe und biochemischen Mechanismen in den Mittelpunkt stellen, die sich bei irdischen Organismen entwickelten. Tatsächlich aber könnte es viele andere solcher Mechanismen geben. Hätten sie sich in von Eisschichten bedeckten oder von dichten Atmosphären verhüllten Ozeanen entwickelt, müssten sie mit deutlich weniger Energie auskommen und besäßen daher sehr viel kleinere und schwerer zu entdeckende Biosphären.

Fast überall im Universum dürfte es Nischen für einfache Lebensformen geben, wenn auch nicht auf extrem heißen Planeten. Doch selbst auf den sehr viel häufigeren, oberflächlich kalten Planeten könnte es zumindest so gemütlich zugehen wie im Innern eines Iglus. <<

NASA / JPL

Tief unter der Oberfläche des Jupitermonds Kallisto liegt möglicherweise ein Ozean. Sein Wasser ist vermutlich flüssig, weil es vom Zerfall radioaktiver Isotope gewärmt wird.

Dank dem Frostschutzmittel Ammoniak sind auch auf eisigen Körpern wie Triton und Pluto flüssige Ozeane denkbar. Hitze aus dem radioaktiven Kern würde die Wasserschicht auf bis zu –70° C aufheizen. In einer Lösung mit Ammoniak wäre es dann nicht mehr fest, sondern nur noch dickflüssig.

David J. Stevenson ist Professor für Planetenkunde am California Institute of Technology und forscht über Entstehung, Entwicklung und Struktur von Planeten. Sein Spezialgebiet ist der Kern von Jupiter.

STERNENWIEGE

ESO

Angesichts der Schönheit astronomischer Fotografien übersieht man oft die wissenschaftlich relevanten Informationen, die in ihnen verborgen sind.

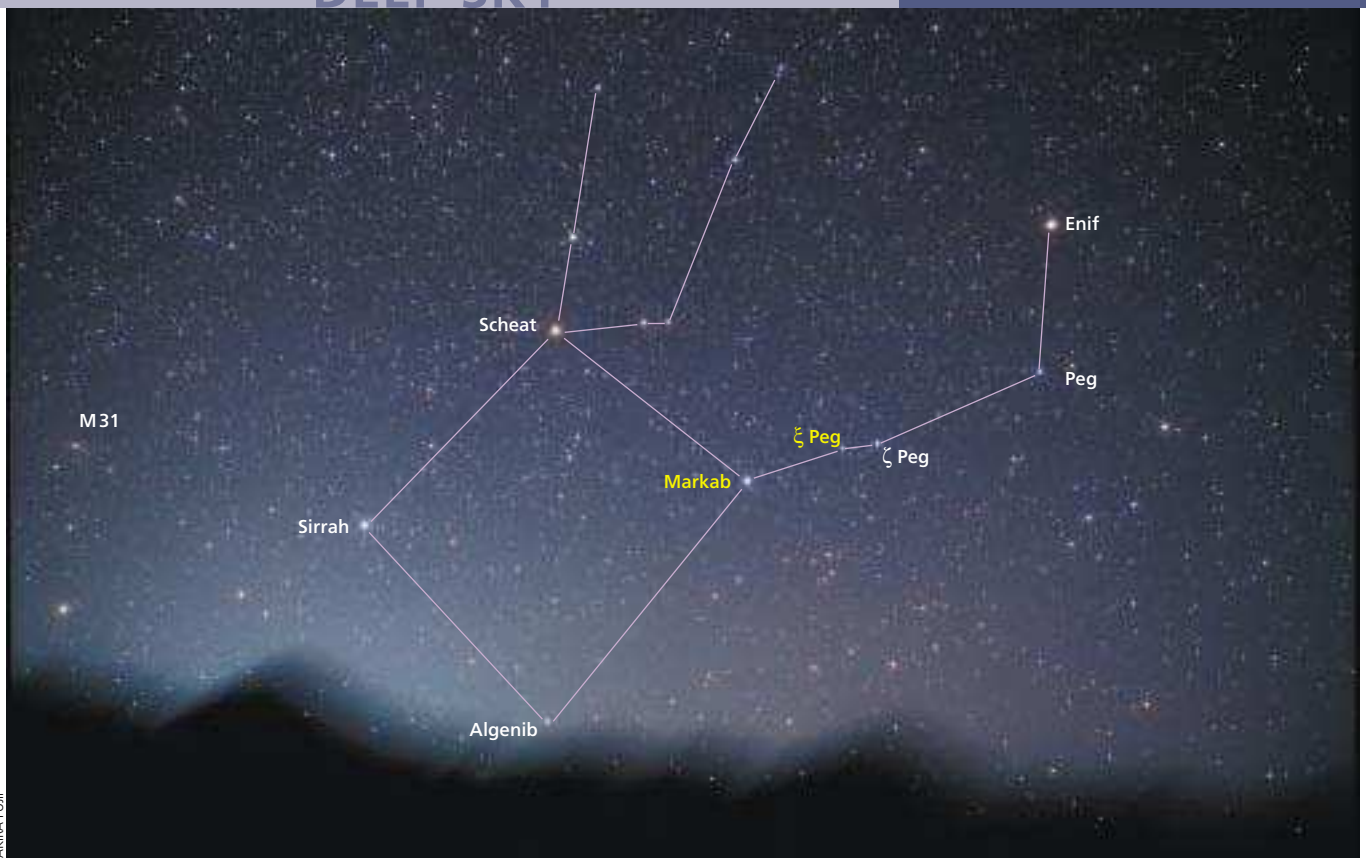
Diesen Blick in die Wiege der Sterne haben Leonardo Testi und Leonardo Vanzi, beide von der Europäischen Südsternwarte (Eso), mit dem New Technology Telescope (NTT; 3,6 Meter Durchmesser) auf La Silla in Chile aufgenommen. Das Bild zeigt den südwestlichen Teil des Omeganebels (M 17) im Sternbild Schütze (»Sagittarius«). Hier liegen große Staubwolken – deshalb wurden im Jahr 2000 diese Falschfarbenaufnahme im nahen Infrarot (bei einer Wellenlänge von einem Mikrometer) gemacht, das den Staub durchdringt.

Ein großer Teil des Bilds ist von einem diffusen Leuchten durchzogen, das durch die Rekombination von ionisiertem Wasserstoffgas entsteht. Dies bedeutet, dass Atome, die durch die Strahlung der blauen Riesensterne inmitten der Gaswolke ein Elektron verloren haben, ein anderes einfangen und dabei Licht abstrahlen.

Die im Bild dunklen Staub- und Molekülwolken verdecken die dahinter liegenden Sterne. Einige dieser Himmelskörper sind so leuchtstark, dass sie durch den Staub schimmern – sie erscheinen aber rötlicher, als sie in Wirklichkeit sind. Alle blauen Sterne im Bild befinden sich vor der Molekülwolke. Sterne entstehen in unserer Galaxis hauptsächlich in solchen riesigen Wolken. Und während Sterne mit geringer Masse dort häufig vorkommen und leicht zu finden sind, ist das mit massereichen jungen Sonnen schon schwieriger. Diese sind nämlich vergleichsweise selten und durchlaufen ihre Entwicklungsphasen viel schneller als ihre leichteren Brüder. Daher findet man sie meist in dicht bevölkerten Sternhaufen, weit entfernt von unserer Sonne. Auf dieser Aufnahme kann man am linken unteren Bildrand inmitten der Wolke einen Haufen solcher junger Sterne sehen. Im Optischen wären sie unsichtbar, denn sie befinden sich in einer frühen Entwicklungsphase und sind daher noch in den Staub ihrer »Mutterwolke« eingehüllt.

Die Beobachtung und das Verständnis dieser ersten Phasen des Lebens eines Sternriesen sind für die Astronomen ein Schlüssel, der ihnen hilft, die Geheimnisse der Geburt und der Entwicklung von Galaxien zu verstehen. <<

Stephen Koszudowski ist Diplomphysiker und freier Wissenschaftsjournalist in Heidelberg.



AKIRA FUJII

In der Mähne des Pegasus

Das Flügelross, auch bekannt als »Herbstviereck«, ist die Heimstatt vieler Sterninseln. Besonders zwei kompakte Gruppen sind ein dankbares Ziel für Galaxienjäger.

>> Ken Hewitt-White

Das Sternbild Pegasus ist Heimat zahlreicher Galaxien. Die beiden vorgestellten Gruppen liegen in der Nähe der Sterne Xi Pegasi und Markab (Alpha Pegasi).

Jede Jahreszeit hat ihre markanten Sternbilder. Wenn das große Viereck des Sternbilds Pegasus am Abendhimmel durch den Zenit zieht (siehe Übersichtskarte S. 50), ist dies ein Zeichen für den nahenden Winter auf der Nordhalbkugel. Dann herrschen oft auch die besten Beobachtungsbedingungen des gesamten Jahres. Das weitläufige Sternbild des mythischen Wesens ist mit Galaxien reich gesegnet. Vor etlichen Jahren durchkämmte ich auf der Suche nach interessanten Galaxien die Mähne des fliegenden Himmelspferds. Dabei fand ich zwei Ansammlungen in unmittelbarer Nähe der Sterne Markab (α Peg, 2. Größe, der »Sattel« an der Südwestecke des großen Vierecks) und Xi Pegasi (ξ Peg, 4. Größe, in der Mitte des Pferdehalses). Ich beobachtete diese Objekte während mehrerer Nächte an hoch gelegenen Standorten. Dabei benutzte ich meist einen 17½-Zoll-f/4,5-Dobson bei 200- bis 300facher Vergrößerung.

Von Markab aus findet man ein Grad in nordwestlicher Richtung ein kompaktes Galaxien-Trio in der Nähe eines Sterns 8. Größe, SAO 108339. Einzeln betrachtet sind NGC 7463, 7464 und 7465 unauffällig, aber zusammen stellen sie eine attraktive und interessante Dreierkette dar. Auf Grund ihrer geringen Länge von lediglich etwa drei Bogenminuten passt sie auch bei hoher Vergrößerung bequem mitsamt dem Stern, der sich gerade einmal zweieinhalb Bogenminuten südwestlich von NGC 7464 befindet, in dasselbe Gesichtsfeld.

Kompaktes Trio

NGC 7465 bildet das östliche Ende der Kette. Mit 12,6ter Größe ist diese Galaxie das hellste Mitglied der Gruppe. Der 1,2 × 0,7 Bogenminuten messende Halo umschließt ein deutlich ausgeprägtes Zentrum mit einem sternförmigen Kern. Nur zwei Bogenminuten nordwestlich davon liegt – mit 13,3ter Größe – NGC 7464. Diese Galaxie mit einer halben Bogenminute Durchmesser stellt das lichtschwächste Glied der Dreierkette dar. Kaum 45 Bogensekunden nordwestlich davon liegt die mit 13,2ter Größe nur unwesentlich hellere NGC 7463. Dieses

GLOSSAR

Indirektes Sehen macht sich zu Nutze, dass die Randbereiche der Netzhaut empfindlicher sind als das Zentrum: Das lichtschwache Objekt wird nicht direkt angeschaut, sondern man blickt leicht daran vorbei, beobachtet es quasi aus dem Augenwinkel heraus.

Objekt ist viel interessanter als seine beiden Nachbarn. Mit einer Ausdehnung von 2,9×0,6 Bogenminuten ist die Galaxie viel prominenter und ihre stark in die Länge gezogene Gestalt unterscheidet sie von den anderen beiden. Mir ist eine kaum ausgeprägte Struktur innerhalb des Scheibchens aufgefallen, die auf die Spiralarme von NGC 7463 hindeutet.

Ein weiterer interessanter Aspekt dieser Dreiergruppe: Offenbar umkreisen sich NGC 7463 und NGC 7464 nicht, auch wenn es so aussieht, als ob sich ihre Ausläufer im Raum berühren. Astronomen haben die Rotverschiebungen der drei Galaxien gemessen und festgestellt, dass sich die große NGC 7463 wesentlich schneller von uns entfernt als die kleineren NGC 7464 und NGC 7465, also deutlich weiter von uns entfernt sein dürfte als die beiden anderen.

Falsch kartografiert?

Wie ein Fliegenschwarm, der die Pferdemähne umschwirrt, schwebt eine Gruppe von sieben Galaxien nur ein Grad südöstlich von Xi Pegasi im Raum. Jede der Galaxien hat einen Durchmesser von weniger als zwei Bogenminuten. Die gesamte Gruppe besitzt eine Ausdehnung von weniger als fünfzehn Bogenminuten. In den beiden Ausgaben der Uranometria 2000.0 sind zwar jeweils acht Galaxien verzeichnet, nach sorgfältiger Durchmusterung des Sternfelds kam ich jedoch zu dem Schluss, dass das Objekt mit der Bezeichnung NGC 7388 gar nicht existiert.

Diese Phantom-Galaxie zeigt, wie sich manchmal sogar Experten von solchen lichtschwachen Fleckchen verwirren lassen. Nach einigem Nachforschen fand ich heraus, dass sich an der Position von NGC 7388 ein schwacher Stern befindet, der fälschlicherweise von Lord Rosse aus Irland in den 1870er Jahren als »Nebel« identifiziert worden war. Im Millennium Star Atlas ist NGC 7388 folgerichtig auch nicht eingezeichnet.

Ich stelle mir diese Galaxiengruppe als ein großes Omega ( ) vor. Es fällt mir oft leichter, einzelne Mitglieder in dem Wirrwarr einer Galaxiengruppe zu identifizieren, indem ich mir mit bildhaften Vergleichen helfe. In diesem Fall passt das Omega bequem ins Bildfeld eines Okulars mittlerer Vergrößerung. Trotzdem kann eine stärkere Vergrößerung für die Zuordnung der einzelnen Mitglieder hilfreich sein.

Die beiden auffälligsten Objekte sind NGC 7385 und NGC 7386 an der westlichen Seite des Omegas. Mit einer Helligkeit von 12,0 und 12,3 dominiert dieses Paar die Gruppe. Die Galaxien an der östlichen Seite sind schwerer zu beobachten. NGC 7387 mit 14. Größe besitzt unmittelbar südlich einen winzigen Begleiter. NGC 7389 hat eine Größe von 13,8 und NGC 7390 nur von 14,1. Letztere bildet die östliche Basis des Omega-Zeichens. Den westlichen »Fuß« markiert NGC 7383, ein Beobachtungsobjekt von mittlerer Schwierigkeit. Zwischen dieser lichtschwachen Galaxie und der im Vergleich dazu strahlenden NGC 7385 befindet sich NGC 7384, ein blasser Geist, mit 14,7ter Größe das kleinste und schwächste Objekt der gesamten Gruppe.

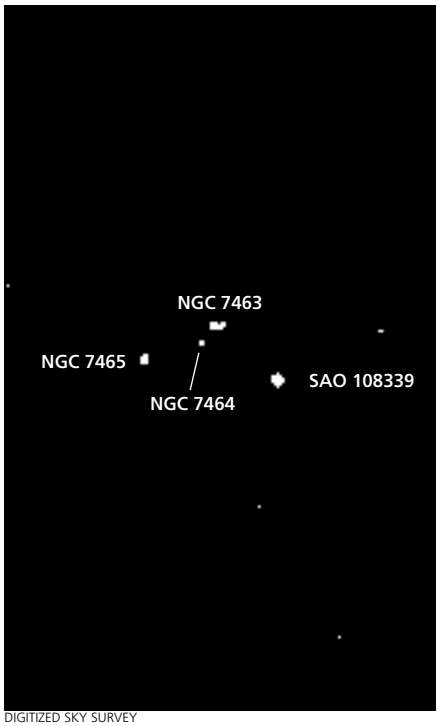
Aber handelt es sich hierbei wirklich um eine Galaxie? Eine der von mir zu Rate gezogenen Quellen gibt für NGC 7384 eine Position an, die mit der eines schwachen Fixsterns identisch ist. Die Datenbank Simbad (http://simbad.u-strasbg.fr/Simbad) gibt jedoch eine Position vier Bogenminuten weiter nördlich an, die mit der Lage eines als PGC 69819 bezeichneten diffusen Objekts zusammenfällt. Laut Simbad ist also PGC 69819 eine andere Bezeichnung für NGC 7384.

Leitstrahlen zu NGC 7384

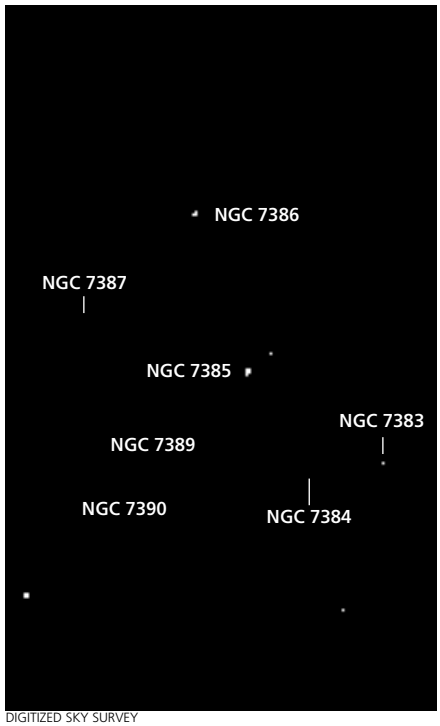
Lang belichtete Bilder dieser Himmelsregion zeigen eine kleine Galaxie 14,5ter Größe sechs Bogenminuten westlich von NGC 7383. Eine sich südwestlich der Galaxie NGC 7385 hinziehende Kette von vier Sternen 11. und 12. Größe führt ebenfalls zu diesem schwer zu beobachtenden Objekt.

Bei 200facher Vergrößerung konnte ich sechs der sieben Galaxien entdecken. Die Ausnahme bildete NGC 7384. Die drei östlichen NGC-Galaxien 7387, 7389 und 7390 waren extrem schwer und nur mit indirektem Sehen (siehe Glossar) zu erkennen. Das westliche Paar, NGC 7385 und NGC 7386, war kontinuierlich sichtbar. Ich konnte auch den westlichen Fuß NGC 7383, wenn auch nur mühsam, beobachten. <<

Ken Hewitt-White hat in letzter Zeit das Sternbild Pegasus häufig durchmustert. Er plant, zukünftig weitere Galaxiengruppen in der Nähe des großen Vierecks vorzustellen.



DIGITIZED SKY SURVEY



DIGITIZED SKY SURVEY

Nur ein Grad nordwestlich von Markab gelegen stellt diese Dreierkette (linkes Bild) nahe einem Stern 8. Größe eine Herausforderung für Fernrohre mit einer Öffnung bis zu acht Zoll dar. Das Bildfeld misst 8,4 Bogenminuten. Der Autor sieht diese kompakte Gruppe als großes Omega (rechts). Das Bildfeld misst 14 Bogenminuten. Norden ist in beiden Bildern oben.

Kuck mal, wer da blinkt

Sie sind farbenfroh, interessant und sehr leicht zu sehen. Trotzdem finden Fixsterne bei Himmelsbeobachtern nur wenig Beachtung.

>> Fred Schaaf

Welche astronomischen Objekte werden von den Amateurastronomen am meisten vernachlässigt? Sind es die Asteroiden? Nein! Zwar gibt es in diesem Bereich immer noch Nachholbedarf, aber die Anzahl derer, die mit Fernrohren von Hinterhöfen und Vorgärten aus diese Kleinplaneten verfolgt, ist größer als jemals zuvor.

Sind es Doppelsterne? Auch sie sind stets unterbewertet und werden oft ignoriert, doch Beobachter und Autoren haben in den letzten Jahren begonnen, dieses bedauerliche Defizit auszugleichen.

Meiner Meinung nach besteht die wichtigste Klasse von Objekten, die von den Amateuren heutzutage gerne übersehen wird, aus den Fixsternen selbst! Ich meine Sterne in ihrer Einzigartigkeit als besondere Sonnen mit eigenen Helligkeiten, Entfernungen, Größen, Altern, Temperaturen, Spektraltypen und Lebensgeschichten.

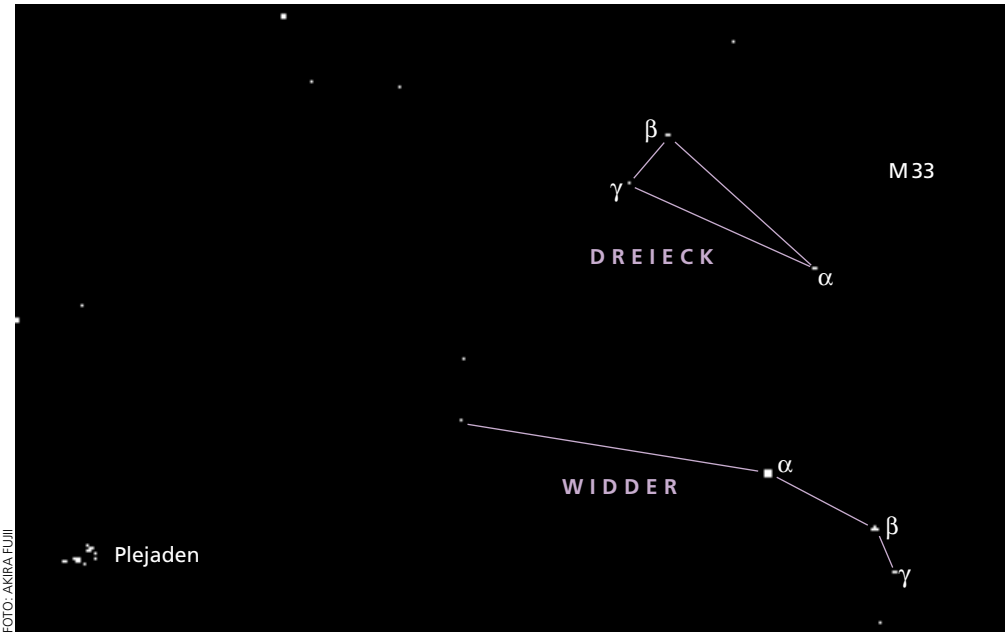


FOTO: AKIRA FUJII

Sterne sind die wahren Stars

Auch ohne optische Hilfsmittel kann man die Vielfalt der Helligkeiten und Farbnuancen bemerken. Wenn man nun noch etwas über die physikalischen Eigenschaften der Sterne weiß, so wird das Beobachten um so spannender und einprägsamer. Auf unserer Übersichtskarte auf S. 50 sind Sterne und Sternbilder eingezeichnet, die man auch noch an leicht dunstgetrübten oder lichtverschmutzten Himmeln erkennen kann.

Über den Zenit erstrecken sich Andromeda und Pegasus, dicht gefolgt vom Widder (»Aries«) und dem Dreieck (»Triangulum«). Letztere, recht kleine Sternbilder, eignen sich sehr gut, etwas mehr über die Natur der Sterne zu erfahren.

Da sie sehr kompakt sind, stellt sich die Frage, ob ihre Sonnen wirklich nahe zusammenstehen. Bei Widder und Dreieck haben wir diesbezüglich eine interessante Situation: Die zwei hellsten Sterne des Widders sind Hamal (Alpha Arietes), ein orangefarbener Stern 2,0ter Größe vom Spektraltyp K2, und Sheratan (Beta Arietes), weiß, 2,6te Größe mit Spektraltyp A5. Beide haben mit 66 und 59 Lichtjahren ungefähr dieselbe Entfernung von uns. Der dritthellste Stern, Mesartim (Gamma Arietes), hat 3,9te Größe und ist bereits in kleineren Fernrohren als Doppelstern erkennbar. Seine zwei Komponenten haben mit 4,6ter und 4,7ter Größe ähnliche Helligkeiten wie auch Spektraltypen von A1 und B9. Sie sind nur 7,5 Bogensekunden voneinander getrennt und rund zweihundert Lichtjahre von uns entfernt.

Himmlische Geometrie

Der hellste Stern des benachbarten Dreiecks ist Mothallah und mit 64 Lichtjahren ähnlich weit weg wie Hamal und Sheratan. Er repräsentiert den Scheitelpunkt des Dreiecks. Die beiden anderen Sterne funkeln aus unserer Sicht sehr dicht nebeneinander. Tatsächlich leuchten Beta und Gamma Trianguli (β und γ Tri) in 124 beziehungsweise 118 Lichtjahren Entfernung, also recht nah beieinander.

Meine letzte Kolumne in diesem Jahr möchte ich noch mit einer Anregung beenden, wie man den Jahreswechsel feiern könnte. Wenn es das Wetter zulässt, gehen Sie nach draußen und schauen Sie nach einem gewissen Stern, der fast genau um Mitternacht den Meridian passiert und im Süden seinen höchsten Punkt erreicht. Welcher Stern gemeint ist? Der hellste von allen – Sirius! <<

Der Frühlingspunkt ♈, Schnittpunkt von Ekliptik und Himmelsäquator, lag früher im Sternzeichen Widder und wird deshalb immer noch mit dem Symbol dieses Tierkreiszeichens abgekürzt.

Fred Schaaf ist ein wandelnder Astronomiekalender und erstellt »Skywatch«, das Jahrbuch von S&T.

Helles Funkeln in dunklen Winternächten

Pünktlich zu den längsten Nächten des Jahres erheben sich die mächtigsten aller Sternbilder. Dabei hat es den Anschein, als versuchten sie sich gegenseitig an Helligkeit und Einzigartigkeit auszustechen. **>> Fred Schaaf**

Während der Novemberabende bevölkern die leuchtschwächeren Herbststernbilder immer noch den südlichen Himmel. Doch im Osten steigen immer mehr helle Sternbilder empor, die den Beginn des Winters einleiten und die Vorfreude auf noch hellere Konstellationen erwachen lassen.

Auf unserer Übersichtskarte läuft das Sternbild der äthiopischen Prinzessin Andromeda hoch über unseren Köpfen nahe am Zenit vorbei quer über den Himmel. Man erkennt sie an den drei gleichmäßig aufgereihten Sternen 2. Größe, die von einer Ecke des großen Herbstvierecks im Pegasus in Richtung Nordosten laufen. Die größte Aufmerksamkeit in diesem Sternbild zieht der Andromedanebel (M 31) auf sich – siehe »Mein Favorit am Himmel«, S. 59.

Zu Andromedas Füßen, also nordöstlich von ihr, sehen wir Perseus. In der griechischen Mythologie ist er ihr furchtloser Retter und auch am Himmel greift er mit einem Arm nach oben, um nach ihrem schwächeren Fuß zu fassen.

Die zwei sehr dicht nebeneinander liegenden Sternhaufen h und Chi Persei (h & χ Per) findet man recht einfach zwischen Perseus und Kassiopeia, dem großen »Himmels-W« oder »-M«, siehe auch den Feldstechertipp auf S. 51. Früh abends im Dezember taucht nun eine weitere Reihe Sternbilder über dem östlichen Horizont auf. Unterteilt man den Himmel in vertikale Streifen aus Sternbildern, so sehen wir als ersten Streifen Andromeda, Pegasus und Kassiopeia, die klassischen Herbststernbilder. Ihnen folgt der dunklere Streifen aus Perseus und den kleineren Sternbildern Widder (»Aries«) und Dreieck (»Triangulum«, siehe Fokus, links). Sie sind die Vorboten des ersten hellen Winterstreifens, bestehend aus dem Stier (»Taurus«) und dem Fuhrmann (»Auriga«). Diese zwei Sternbilder zählen mit ihren Sternen 2. und 3. Größe zu den hellsten und interessantesten überhaupt.

Haufenweise Sterne

Außerdem besitzt auch der Stier zwei berühmte, mit bloßem Auge sichtbare offene Sternhaufen. Zum einen sind dies die sagenumwobenen Plejaden, ein sehr kompakter Haufen. Sie befinden sich in der Verlängerung des östlichen Beins von Perseus. Ihr Beiname »Siebengestirn« ist etwas irreführend, da man ohne Hilfsmittel meist nur sechs Sterne sehen kann, die heller als 5. Größe sind. Die nächste Helligkeitsstufe wäre 6. Größe, davon gibt es aber neun Sterne. Mit Feldstechern kann man Dutzende von jungen blau-weißen Sonnen erkennen, insgesamt zählen rund dreihundert Sterne in vierhundert Lichtjahren zu den Plejaden.

Weniger kompakt, dafür näher sind die Hyaden. Zusammen mit Aldebaran (Alpha Tauri), dem orangefarbenen Auge des Stiers, bilden sie ein V-förmiges Muster, das oft als Pfeilspitze angesehen wird. Allerdings darf man den 1. Größe hellen Aldebaran nicht wirklich zu dem Sternhaufen zählen, da er mit 65 Lichtjahren nicht einmal halb so weit weg ist wie die 150 Lichtjahre entfernten Hyaden.

Noch heller als Aldebaran ist Kapella (Alpha Aurigae), ein blassgelb leuchten- >

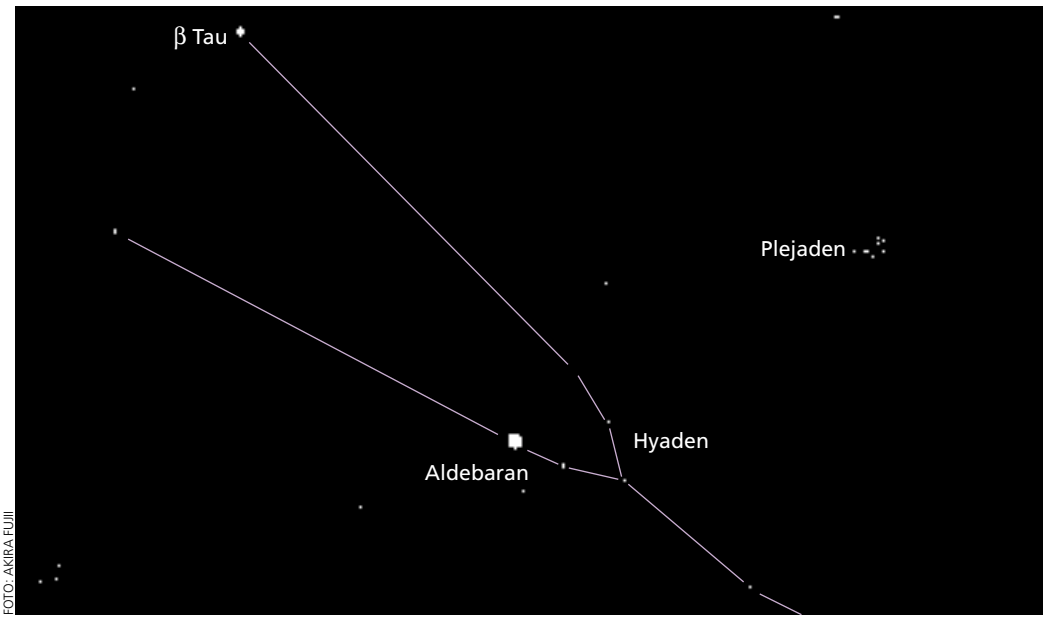
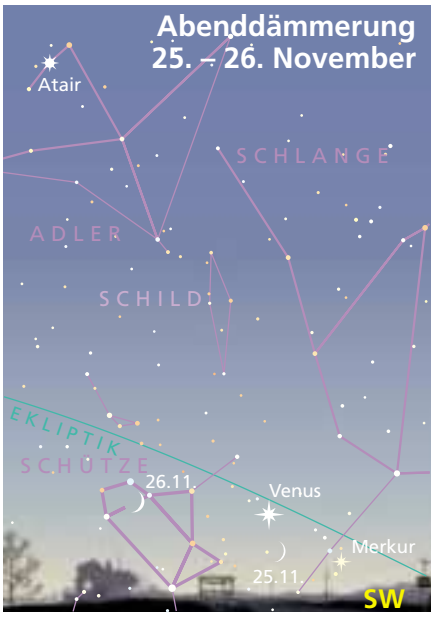
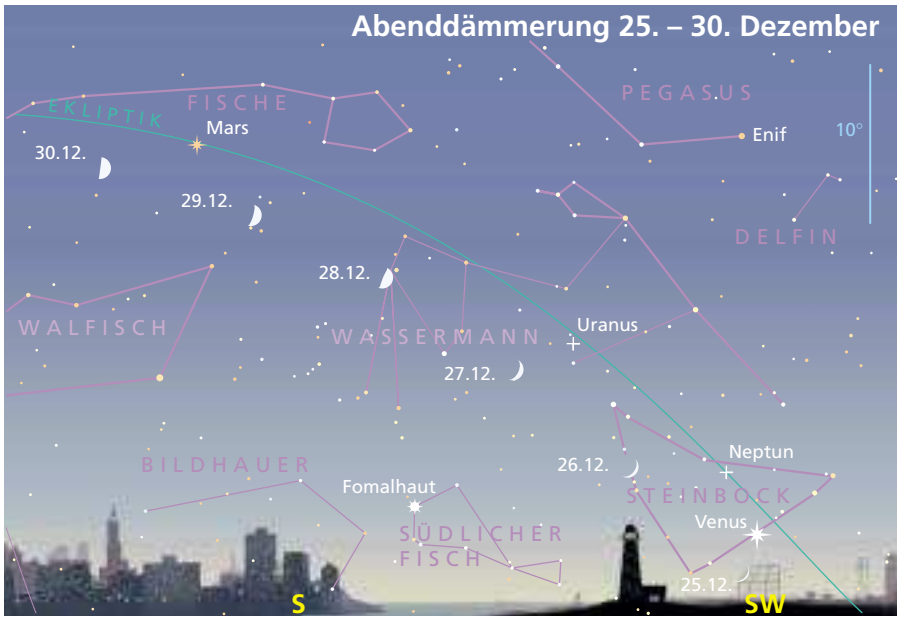


FOTO: AKIRA FUJII

Ein Paar offener Sternhaufen

Die V-förmigen Hyaden machen es einfacher, das schöne Wintersternbild Stier (»Taurus«) mit dem hellen Aldebaran zu identifizieren.





S & T / ASTRONOMIE HEUTE

> der Stern 0. Größe im Fuhrmann. Er wird auch Ziegenstern genannt und ist der sechsthellste Stern unseres Himmels. Als einziges Mitglied des »Wintersechsecks« steht er in unseren Breiten das ganze Jahr hindurch über dem Horizont.

Eine Schicht fehlt uns noch in unserer himmlischen Torte. Sozusagen als Sahnehäubchen enthält diese ein Sternbild, das alle anderen höher am Himmel stehenden Sternbilder in den Schatten stellt. Die Rede ist vom atemberaubenden Orion, dem Himmelsjäger, der in der kalten Jahreszeit vom Firmament funkelt. Bei seinem Aufgang im Osten stehen seine drei majestätischen Gürtelsterne in einer Reihe fast senkrecht zum Horizont. Zusammen mit den Zwillingen (»Gemini«) und dem Saturn bildet er dieses Jahr den letzten Streifen aus hellem Glanz.

Planeten

Merkur kann man leicht in der ersten Hälfte des Dezembers rechts unterhalb der Venus entdecken. Zu dieser Zeit bietet der sonnennahe Planet ein gutes Ziel für Aufnahmen und Beobachtungen, denn am 27. Dezember erreicht er seine untere Konjunktion. Das bedeutet, dass er sich zwischen Erde und Sonne befindet, also nicht weit von uns entfernt ist. Allerdings geht dieses Ereignis im Tageslicht unter, und um ihn tatsächlich abzulichten, muss man bereits einige Tage vorher in der Dämmerung nach ihm schauen, bevor er zu tief steht.

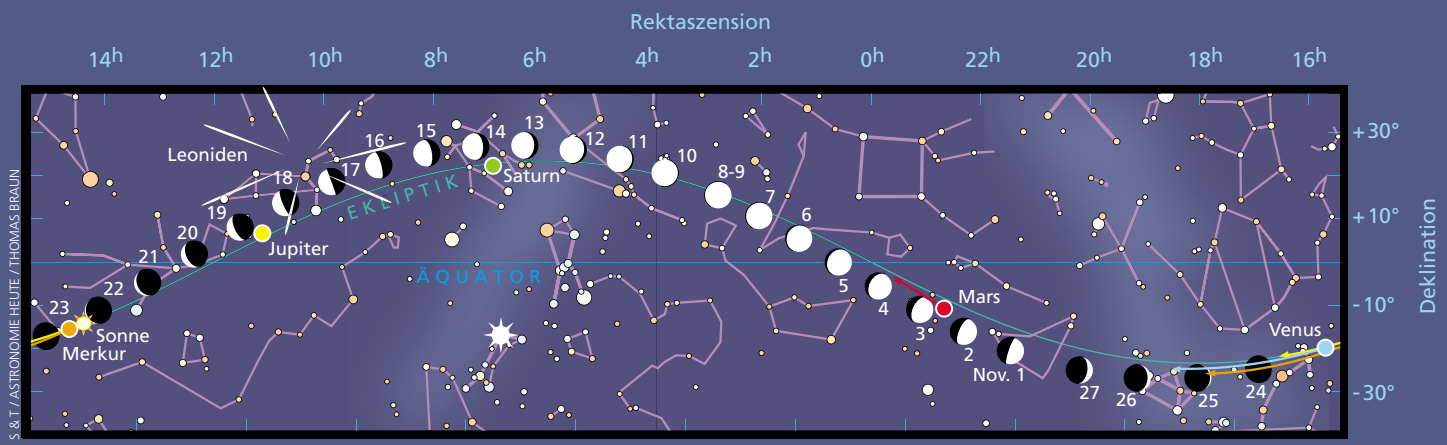
Venus selbst steht im November noch sehr tief im Westsüdwesten, wenn die Dunkelheit hereinbricht. Erst im Dezember klettert sie hoch genug, um zum herrlichen Abendstern zu werden und deutlich heller als Mars zu strahlen. Gegen Ende des Jahres bleibt sie sogar zweieinhalb Stunden nach Sonnenuntergang am Firmament, bevor sie untergeht.

Mars nimmt weiterhin an Helligkeit ab, während er auf seiner Umlaufbahn um die Sonne immer weiter hinter der Erde zurückfällt. Ist er im November

Leoniden-Meteorschauer

Bereits letztes Jahr waren die Leoniden kein Meteorsturm mehr, sondern eher ein lauer Sternschnuppenwind – sofern man sie wegen des schlechten Wetters überhaupt sehen konnte. Auch dieses Jahr werden nur wenig Überreste des Kometen 55P/Tempel-Tuttle vom Sternbild Löwe aus auf die Erde niedergehen (siehe unten). Das Maximum liegt am Morgen des 18. November gegen 3.20 Uhr bei einem immer noch stattlichen Durchschnitt von einer Sternschnuppe pro Minute.

Der Mond und die Planeten im November 2003



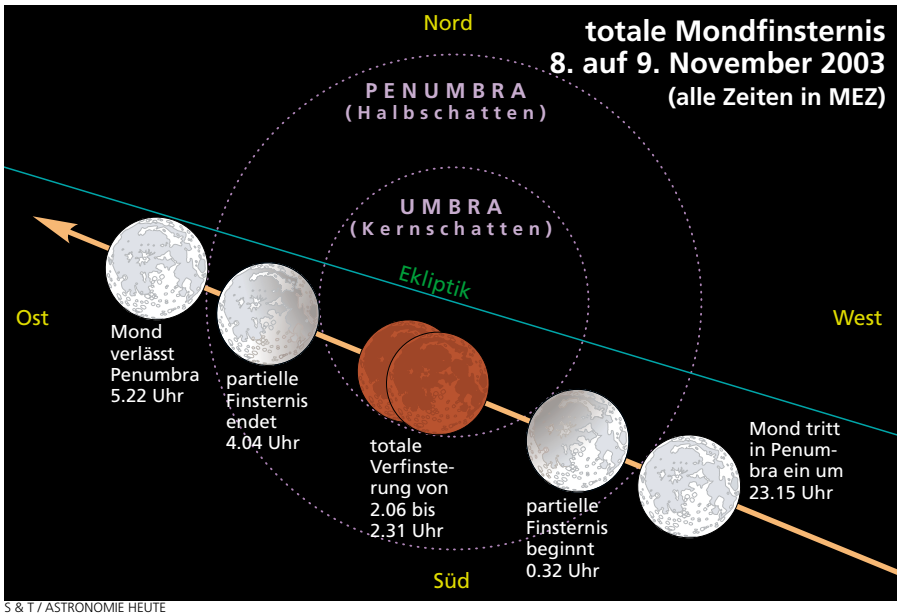
Eingezeichnet sind nur die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

noch heller als alle Sterne mit Ausnahme von Sirius, so fällt er im Dezember in der Rangliste hinter Kapella zurück. Auch sein Durchmesser schrumpft im November von fünfzehn auf elf Bogensekunden und auf weniger als zehn Bogensekunden im Dezember. Doch selbst dann ist er noch der hellste Punkt in seiner Umgebung. Um noch einmal ein paar schöne Bilder von seiner Oberfläche zu bekommen, muss man ihn im November früh morgens durch ein Teleskop an seinem höchsten Punkt im Süden beobachten.

Jupiter geht Anfang November erst gegen 2 Uhr und Ende Dezember um 22 Uhr auf. Er befindet sich dann unterhalb des Löwen (»Leo«) und lässt für den Rest der Nacht alle anderen Lichtpunkte am Himmel neben ihm verblassen. Den besten Anblick im Teleskop bietet er früh im Morgengrauen.

Saturn steigt Anfang November gegen 21 Uhr und Ende November gegen 19 Uhr über den Horizont. Hat er die atmosphärischen Störungen des Horizonts hinter sich gelassen, kann man durch ein Fernrohr seine wunderschönen Ringe begutachten. Diese sind derzeit fast maximal in unsere Richtung geneigt, sodass sie sich in ihrer vollen Pracht zeigen. Im Dezember geht er bereits während der Abenddämmerung in den Zwillingen auf und erreicht am 31. Dezember die Opposition, steht also der Sonne genau gegenüber und zeigt sich deshalb bereits kurz nach deren Untergang.

Das letzte große Highlight in diesem Jahr dürfte für viele von uns in Europa die totale Mondfinsternis am Morgen des 9. November nach Mitternacht sein. Unser Trabant tritt um 0.32 Uhr MEZ in den Schatten der Erde ein und verweilt dort bis 4.04 Uhr. Der Mond hat auch noch einige Rendezvous mit Planeten. So passiert er Mars am 2. und 3. November sowie am 1. Dezember. Saturn wird vom 12. bis 13. November und am 10. Dezember von ihm besucht. Auf Jupiter trifft er am 17. und 18. November und am 15. Dezember als letzter Viertelmond. Eine schmale zunehmende Sichel begleitet die helle Venus am 25. November und tief im Südwesten an Heiligabend.



S & T / ASTRONOMIE HEUTE

Sofi Down Under

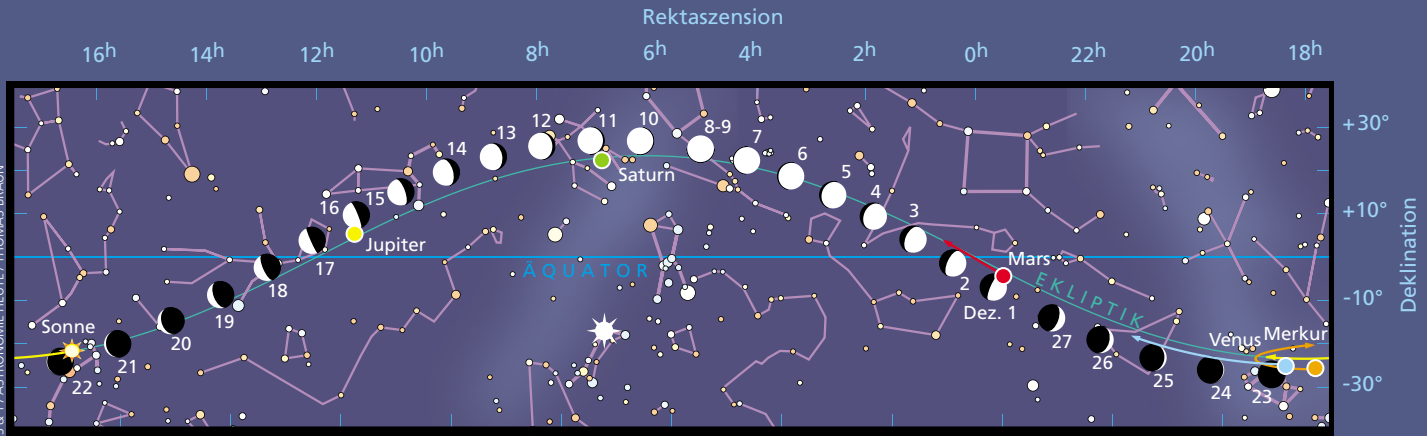
In Australien und der Antarktis ereignet sich am 23. November eine Sonnenfinsternis. Die Totalitätszone verläuft über der Antarktis und dem Indischen Ozean. Deswegen ist der einzige bewohnte Ort, von dem aus eine totale Finsternis zu sehen ist, die russische Forschungsstation Mirny und das auch nur für zwei Minuten. Man kann jedoch das Ereignis während einer Sky & Telescope-Leserreise miterleben (ASTRONOMIE HEUTE September/Oktober, S. 9) oder eine Passage auf einem Eisbrecher buchen. Ansonsten kann man eine partiell verfinsterte Sonne immer noch in Australien und der südlichen Insel Neuseelands beobachten.

Die Wintersonnwende ist am 22. Dezember um 8.04 Uhr. Dieser Punkt markiert auf der Nordhalbkugel den Beginn des Winters und den Sommeranfang in der südlichen Hemisphäre. <<

Der Mond im Schatten der Erde. Während der schwache äußere Halbschatten recht schwer einzugrenzen ist, erkennt man deutlich die Passage des Mondes durch den Kernschatten, den inneren völlig finsteren Bereich.

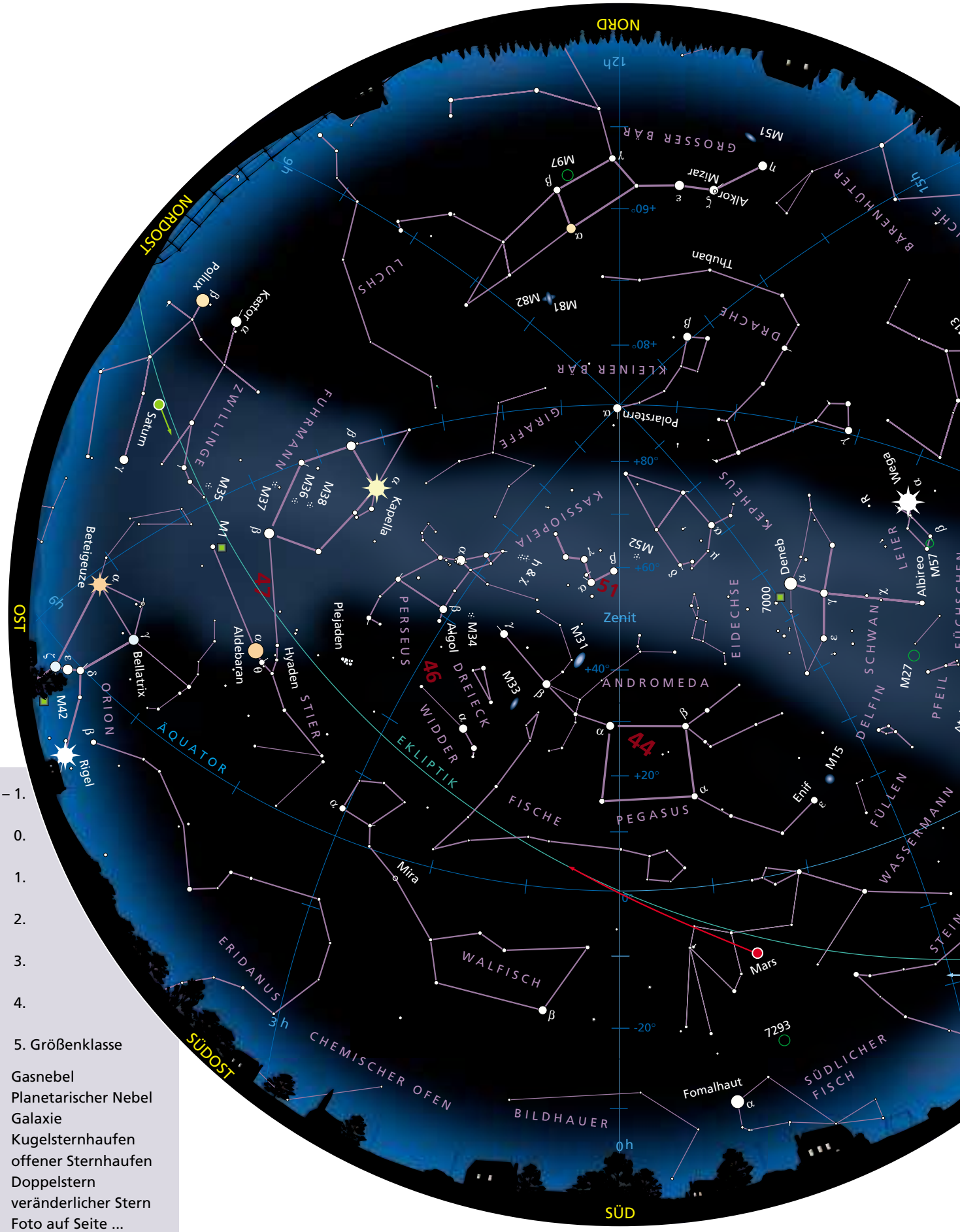
Fred Schaaf ist seit langer Zeit Amateurastronom, Astronomieautor und Sky & Telescope-Fachmann für Himmelsbeobachtungen.

Der Mond und die Planeten im Dezember 2003



S & T / ASTRONOMIE HEUTE / THOMAS BRAUN

Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.



– 1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse

Gasnebel
Planetarischer Nebel
Galaxie
Kugelsternhaufen
offener Sternhaufen
Doppelstern
veränderlicher Stern

44 Foto auf Seite ...

ASTRONOMIE HEUTE / THOMAS BRAUN

WANN

Der Zeitleiste (oben) können Sie die Gültigkeit der Sternkarte entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

November, erste Hälfte: 21 Uhr*
November, zweite Hälfte: 20 Uhr*
Dezember, erste Hälfte: 19 Uhr*
Dezember, zweite Hälfte: 18 Uhr*
Anfang: Januar Abenddämmerung*

***Mitteleuropäische Zeit (MEZ)**
°**Sommerzeit (MESZ)**

WIE

Auf der Sternkarte sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den links und oben angegebenen Zeiten präsentiert. Zur Orientierung halten Sie die Karte über sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden oder auf Sie zu zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont.

Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit. Ein Stern, der auf halbem Weg vom Rand zum Zentrum der Karte eingezeichnet ist, steht unter einem Winkel von 45 Grad am Himmel.

Beispiel: In der Nähe des Zenits finden Sie Kassiopeia, das »Himmels-W«, wenn Sie Richtung Südosten stehen. Als »M« sehen Sie das Sternbild, wenn Sie Richtung Nordwesten schauen, und dann den Blick nach oben erheben. Im Nordosten und Osten gehen gerade die markanten Wintersternbilder Zwillinge und Orion auf, während im Nordwesten die Frühlingssternbilder Nördliche Krone und Bootes untergehen.

Die Karte gilt für 50 Grad nördliche Breite, das entspricht der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

FELDSTECHERTIPP

M 52 in Kassiopeia

>> Gary Seronik

FOTO: AKIRA FUJII

Zwischen den Sternbildern Schwan und Fuhrmann finden sich viele schöne Sternhaufen. Hier entdeckt man acht der im Messierkatalog aufgeführten offenen Haufen. So auch M 52, der zu dieser Jahreszeit hoch am Abendhimmel steht. Doch obwohl er mit 6,9ter Größe ziemlich hell ist, kann die Suche nach M 52 bei ungünstigen Sichtbedingungen schwierig werden, da sich sein diffuses Licht über einen Bereich von zwölf Bogenminuten verteilt. Einen einzelnen Stern 7. Größe sieht man leichter.

Aber zum Glück ist die Position von M 52 recht einfach zu finden. Man verdoppelt den Abstand zwischen Alpha und Beta Cassiopeiae (α und β Cas) über Beta hinaus. An dieser Stelle sollte dann M 52 nur 0,8 Grad südlich des Sterns 4 Cassiopeiae (5. Größe) leuchten. Ich kann mit meinem 10×30-Feldstecher von meinem Vorstadtgarten aus nur einen Einzelstern vor einem Nebel schwächerer Sterne ausmachen. Und was sehen Sie?

Wenn Sie sich schon in dieser Gegend umschauen, verpassen Sie nicht den offenen Sternhaufen NGC 7789. Bewundern Sie auch den schönen Bogen aus Sternen 6. und 7. Größe, der sich in weniger als einem Grad westlich an 4 Cassiopeiae anschließt. <<

Jagd auf die Helix

Wenn man weiß wie, ist dieser flüchtige planetarische Nebel im Sternbild Wassermann einfach zu finden. **>> Sue French**

Der Helixnebel	
Bezeichnung	NGC 7293, C 63
Rektaszension	22^h 29,6^m
Deklination	–20° 48′
Ausdehnung	16′ × 12′
visuelle Helligkeit (Größenklasse)	7,3
Helligkeit des Zentralsterns	13,5
Entfernung in Lj.	300

Der Helixnebel NGC 7293 ist ohne Zweifel eines der schönsten Objekte am Himmel. Er erhielt diesen Namen, weil er auf Fotografien so aussieht, als ob man auf zwei Windungen einer Spiralfeder blickt. Lang belichtete Aufnahmen zeigen neblige Finger, die von dem Ring nach innen auf den Zentralstern weisen. Das Hubble Space Telescope hat Nahaufnahmen dieser radialen Filamente gemacht, auf denen die kometengleichen Köpfe und spinnwebenartigen Schweife zu sehen sind.

Das Ende des Sterns

Auch bekannt als Caldwell 63 (C 63), ist der Helixnebel eines der uns am nächsten gelegenen und hellsten Objekte der Klasse der Planetarischen Nebel. Ein solcher Nebel entsteht, wenn ein alternder Stern, der sein nukleares Brennmaterial fast erschöpft hat, seine äußeren Schichten in den Raum abstößt. Mit der Ausdehnung des Nebels wird der in seinem Zentrum sitzende weiße Zwergstern sichtbar, der langsam über Milliarden Jahre auskühlt.

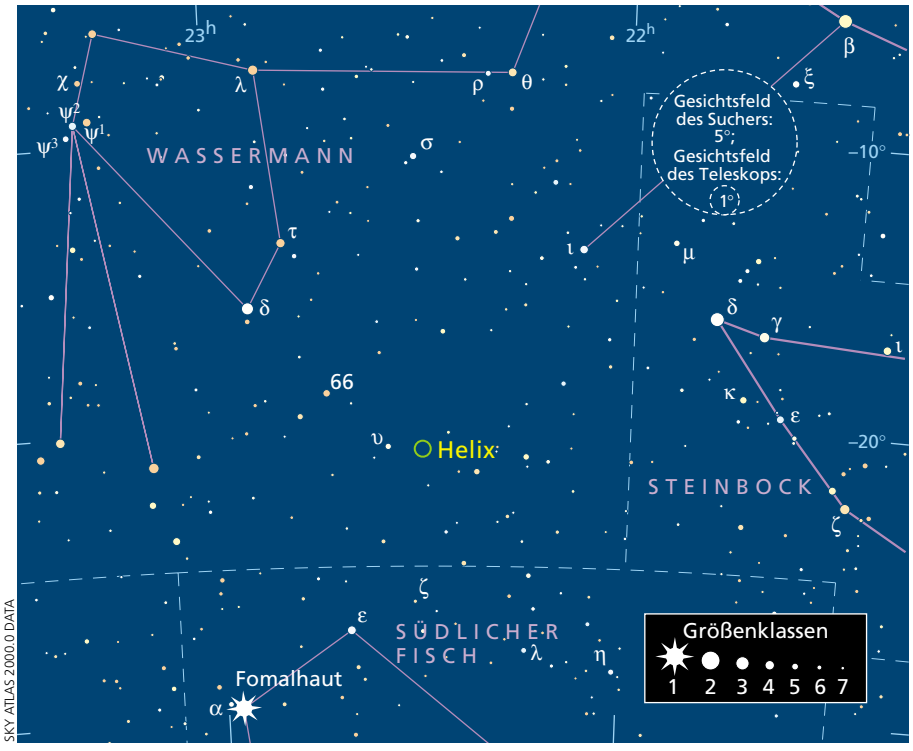
Von den hellen Planetarischen Nebeln ist Helix einer der am leichtesten auffindbaren und einer der am schwersten fassbaren. Er kann im Feldstecher gesehen werden, aber für große Fernrohre unsichtbar bleiben. Diese Behauptung mag widersprüchlich erscheinen, lässt sich aber durch die niedrige Flächenhelligkeit des Nebels erklären. Wäre das Licht des Helixnebels in einem einzigen Punkt gebündelt, hätte er die Helligkeit eines Sterns von 7,3ter Größe. Aber diese Lichtmenge ist über ein Himmelsgebiet von etwa dem halben Winkeldurchmesser des Monds verteilt! Schwache Vergrößerungen bündeln das Licht des Nebels und ein großes Gesichtsfeld zeigt viel des umgebenden dunklen Himmels als Kontrast. Daher ist der Helixnebel ein gutes Ziel für kleine Teleskope.

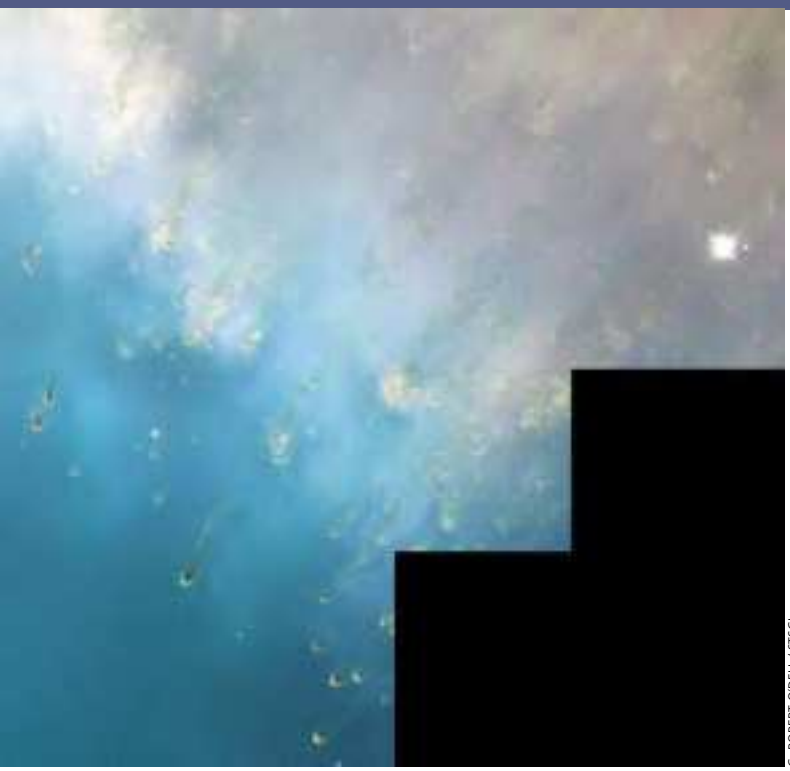
Doch muss diese flüchtige Beute sorgfältig gejagt werden. Der Helixnebel steht nie sehr hoch am Himmel, aber manchmal kann man den benachbarten Stern Ypsilon Aquarii (υ Aqr) mit bloßem Auge sehen. Wenn Sie Ypsilon ausmachen können, wird die Suche einfacher.

Auf der Jagd

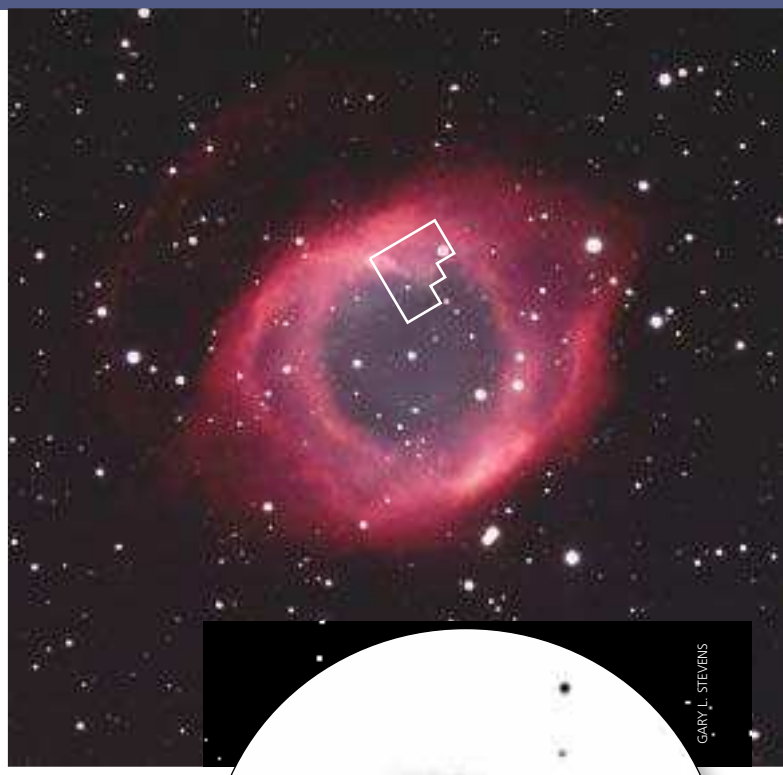
Ist Ihr Himmelsausschnitt aber zu hell, um diesen Stern zu sehen, so fangen Sie bei Delta Aquarii (δ Aqr) mit 3,3ter Größe an. Von Delta aus gehen Sie vier Grad Richtung Südwest zu 66 Aquarii mit 4,7ter Größe. Er sollte mit Delta im gleichen Sucherfeld sichtbar sein und im Teleskop orange leuchten. Gehen Sie dann weitere 2,8 Grad in diese Richtung; Sie kommen zum gelb-weißen Ypsilon, mit 5,2ter Größe dem hellsten Stern dieser Gegend. Der Helixnebel, 1,2 Grad westlich von Ypsilon, sollte am besten mit einer schwach vergrößernden Linse gesucht werden. Zwei Sterne 10. Größe liegen auf halbem Weg und helfen dabei, den Helixnebel in zwei leichten Sprüngen aufzufinden.

Ich kann den Helixnebel mit einem 50-Millimeter-Fernglas von zu Hause aus sehen. Auf den ersten Blick zeigt ein kleines Teleskop nur eine konturlose ovale Scheibe, aber schauen Sie beharrlich weiter. Der Helixnebel gibt seine Details nur dem geduldigen Beobachter preis. In Nächten mit gutem Seeing zeigt mein 105-Millimeter-Teleskop bei schwachen bis mittleren Vergrößerungen einen 14 × 11 Bogenminuten von Nordwesten nach Südosten ausgedehnten ovalen Schimmer.



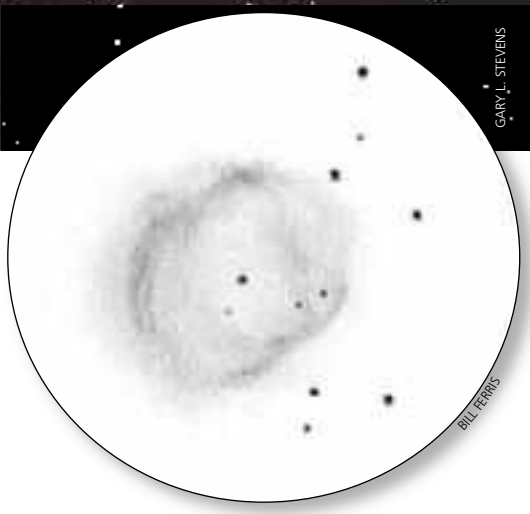


C. ROBERT O'DELL / STSCI



GARY L. STEVENS

Sieben Weißlichtaufnahmen und drei Bilder mit Farbfilter ergaben dieses Farbkomposit (rechts). Es entstand an einem Takashi-Sechs-Zoll-Refraktor bei f/6 mit einer SBIG-ST-8E-CCD-Kamera. Die Gesamtbelichtungszeit war hundert Minuten, der Durchmesser des Gesichtsfelds beträgt 0,5 Grad. Der winzige, umrahmte Bildauschnitt zeigt das Gesichtsfeld des Hubble Space Telescope. Dessen bemerkenswerte Nahaufnahme von 1996 (links) enthüllt die »kometenartigen Knoten«, deren Köpfe in Richtung des weißen Zwergsterns im Zentrum des Nebels weisen.



BILL FERRIS

Diese Zeichnung der Helix machte Bill Ferris am 27. September 1995, mit einem Lumicon-O-III-Filter und einem Meade-Superweitwinkelokular bei 63facher Vergrößerung. Das Bild ist nach Norden ausgerichtet.

Sein Zentrum ist ein wenig dunkler als die Umgebung. Indirektes Sehen (siehe Glossar auf S. 44) kann Ihnen helfen, den Nebel schneller zu entdecken. Auch O-III- und Streulichtfilter sind häufig hilfreich. Bei starken Vergrößerungen ohne Filter sieht man einige in den Nebel eingehüllte schwach leuchtende Sterne.

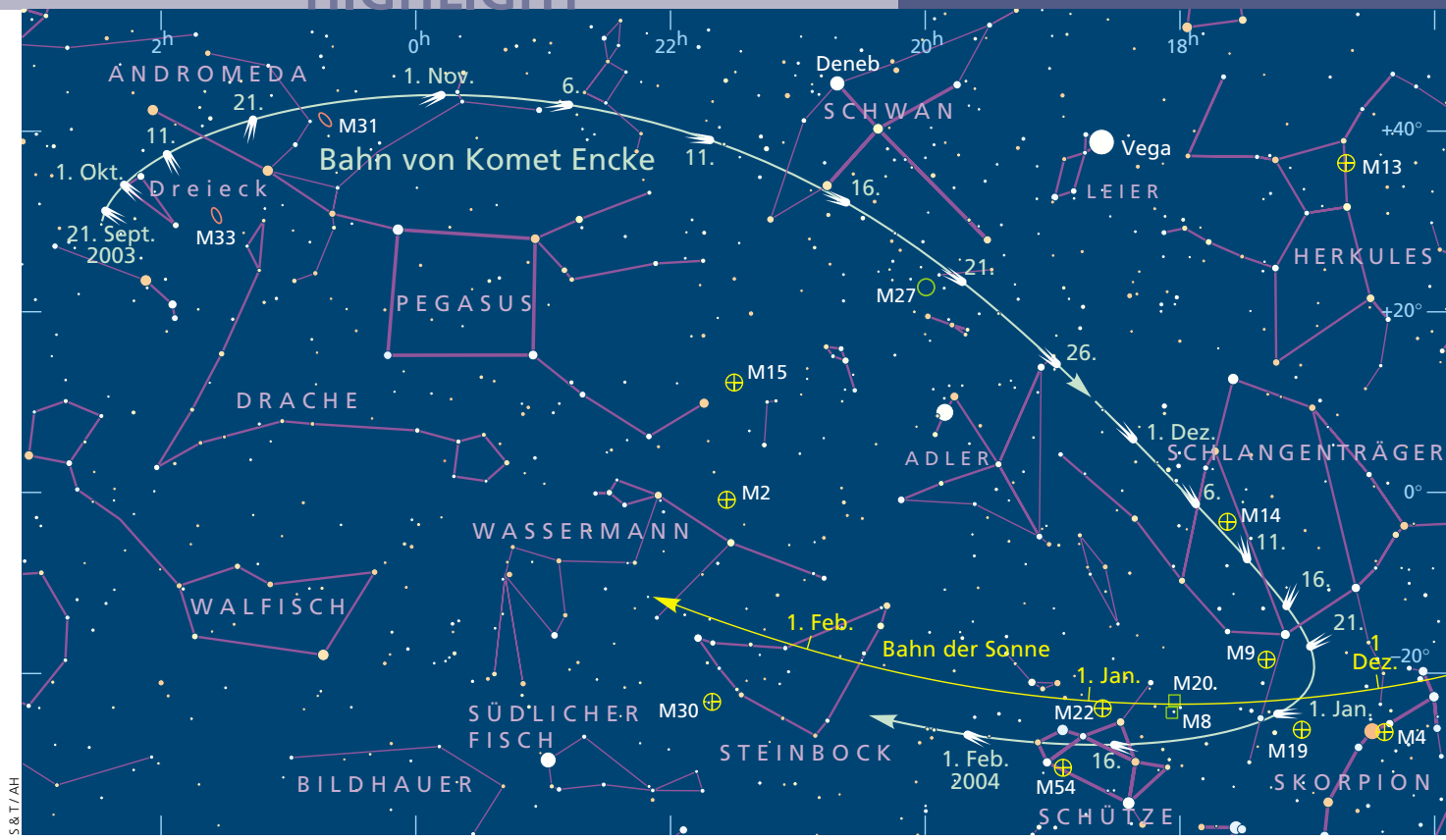
Aber was ist mit all den wunderschönen Anblicken auf den Fotos? Obwohl Sie die Fülle an farbigen Details der lange belichteten Aufnahmen nicht erkennen können, entdeckt man mehr, als Sie vielleicht denken. Durch ein Acht-Zoll-Teleskop sieht man den Helixnebel blaugrün schimmern. Für diese Farbe ist das menschliche Auge empfindlicher als für die auf Fotografien vorherrschenden Rotschattierungen. Deshalb verbessert ein O-III-Filter die Sichtungsmöglichkeiten so deutlich; er lässt das blau-grüne Licht, das von doppeltionisiertem Sauerstoff (mit O-III bezeichnet) ausgeht, durch und blockiert andere Farben, die von vielen Lichtverschmutzungsquellen abgestrahlt werden. Unregelmäßigkeiten in der Helligkeit des Rings können bereits mit einem Acht-Zoll-Teleskop wahrgenommen werden. Bill Ferris aus Flagstaff, Arizona, sah mit einem Zehn-Zoll-Spiegelteleskop mit O-III-Filter beide »Windungen der Spirale« ganz klar. Wie viele andere Planetarische Nebel hat auch der Helixnebel einen schwachen äußeren Halo, der auf den meisten Fotografien aber nicht zu sehen ist. Der hellste Bereich geht von der südöstlichen Ecke aus, verläuft spiralförmig im Uhrzeigersinn und verblasst im Norden.

Feinheiten für Fortgeschrittene

Wenngleich der Halo schon durch ein Zehn-Zoll-Fernrohr erahnt werden kann, benötigt man einen Zwanzigzöller, um ihn wirklich zu erkennen. Ein weiteres, schwierig auszumachendes Ziel ist eine Galaxie von 16. Größe, die in die nordwestliche Ecke des Rings eingebettet ist. Sie liegt 1,2 Bogenminuten südlich des dort auffälligsten Sterns 9,9ter Größe und wurde schon durch ein 17-Zoll-Teleskop gesichtet. Und was ist eigentlich mit den strahlenförmigen Speichen? Die spinnwebartigen Bänder konnten bereits mit einem 16-Zoll-Teleskop beobachtet werden und Anzeichen für die kometenartigen Verdickungen an ihrem Ende durch ein 22-Zoll-Reflektor.

Sollten Sie versuchen, einige dieser Charakteristika zu erhaschen, wählen Sie eine Nacht mit gutem Seeing und den dunkelsten Himmel, den Sie finden können. Es würde mich freuen, wenn Sie mir von Ihren Ergebnissen berichten. <<

Sue French kann per E-Mail (bitte auf Englisch) unter scfrench@nycap.rr.com erreicht werden.



Höhepunkt der Kometenparade

Leichtes Ziel für Beobachter

Ab Ende Oktober wird Komet Encke auch in kleinen Teleskopen sichtbar. Und Mitte November wird sich der periodische Wiederkehrer unserem Planeten auf gerade einmal 39 Millionen Kilometer nähern.

Zum Jahresende steht Himmelsbeobachtern noch ein echtes Highlight bevor: Komet 2P/Encke, der berühmte regelmäßige Besucher des inneren Sonnensystems. **>> Greg Bryant**

Kometenbeobachter haben ein ereignisreiches Jahr hinter sich. Im Februar steigerte Komet C/2002 V1 (Neat) seine Helligkeit bis auf 2. Größe. Anschließend waren es die übrigens von Amateuren entdeckten Objekte – Komet Kudo-Fujikawa und Komet Juels-Holvorcem –, die sich in Ferngläsern als lohnende Objekte erwiesen.

Enthusiasten mit leistungsfähigeren Instrumenten konnten auch den Kometen 65P/Gunn verfolgen, der mit einer Helligkeit von 12. Größe langsam durch jenen Bereich des Sternbilds Schütze zog, den die Amerikaner Teekanne nennen. Im Juli zog er in wenigen Bogenminuten Entfernung am Kugelsternhaufen M70 vorüber – an praktisch derselben Stelle wurde im Jahr 1995 der Komet Hale-Bopp entdeckt. Doch nun kündigt sich ein weiterer Höhepunkt an.

In Reichweite von Amateurteleskopen

Insgesamt 14 periodische Kometen, so haben die Bahnberechnungen ergeben, dringen im Jahr 2003 in das Innere des Sonnensystems ein. Nur wenige kommen in Reichweite von Amateurteleskopen. Der bei weitem hellste in dieser Kategorie, Komet 2P/Encke, betritt die Bühne als Letzter.

Der regelmäßig wiederkehrende Besucher unseres Sonnensystems flog schon 59-mal an uns vorbei, seit der Franzose Pierre Méchain sein Erscheinen erstmals 1786 protokollierte. 1795 und 1805 sah man ihn erneut, und 1818 war es schließlich der deutsche Mathematiker Johann Franz Encke, der ihn beobachtete.

Erst er stellte auf Grund seiner Bahnberechnungen fest, dass es sich jedes Mal um dasselbe Objekt gehandelt hatte. 3,3 Jahre, so sagte er damals voraus, würde es dauern, bis der Komet wieder erscheine. Als sich seine Prognose im Juli 1822 bestätigte, wurde der Komet nach Encke benannt und erhielt den Zusatz »2P«, da er nach dem Halleyschen erst der zweite Komet war, den man als periodischen Rückkehrer erkannt hatte.

Schon im September dieses Jahres, während der Komet seine Helligkeit auf 13. Größe steigerte, waren im Sternbild Dreieck erste Sichtungen von Encke möglich. Wenn Encke am 25. Oktober bei Neumond an der nördlichen Ecke von

M31, der Andromeda-Galaxie, vorbeizieht, leuchtet er schon mit 10. Größe.

Eine Woche später, in der Nähe von Kappa Andromedae (κ And), erreicht er den nördlichsten Punkt seiner Reise über den Himmel und bewegt sich dann in Richtung Südwesten weiter. Während er der Sonne immer näher kommt, dürfte der Komet stets heller werden und gegen Ende November, Anfang Dezember sein Helligkeitsmaximum von rund 6. Größe erreichen, zumindest wenn er sich sowie bei seinen früheren Besuchen verhält.

Herausforderung für Beobachter

Seinen erdnächsten Punkt erreicht Encke Mitte November und ist dann nur 39 Millionen Kilometer entfernt, das sind 0,26 Astronomische Einheiten (eine »AE« ist die mittlere Entfernung zwischen Erde und Sonne). Seit seiner Entdeckung kam er uns nur achtmal näher als 0,3 AE. Das jetzige neunte Mal ist gleichzeitig auch die größte Annäherung für Beobachter auf der nördlichen Erdhalbkugel seit November 1838, als ihn weniger als 0,22 AE von der Erde trennten. Der Rekord liegt allerdings bei 0,19 AE: vor sechs Jahren, als Encke von der Südhemisphäre aus zu bewundern war.

Encke erreicht das Perihel, den sonnennächsten Punkt, am 29. Dezember. Ihn dann zu beobachten, wird zur Herausforderung: Um den Jahreswechsel herum dürfte der Komet zwar 7. Größe haben oder noch heller sein und westlich der Sonne am Morgenhimmel auftauchen, allerdings ist er dann kaum zwanzig Bogengrad von ihr entfernt.

Natürlich kann ich es mir an dieser Stelle nicht verkneifen, Ihnen zumindest kurz auch jene Kometen vorzustellen, die mir an meinem Wohnort bei Sydney in Australien vor das Gesichtsfeld ziehen – auch wenn Sie, die Sie auf der nördlichen Halbkugel wohnen, nur in wenigen Fällen die Möglichkeit haben werden, sie zu beobachten.

C/2002 O7 (Linear) wurde am 29. Juli letzten Jahres von einem der automatischen Ein-Meter-Teleskope des Lincoln Laboratory Near Earth Research (Linear, siehe »Global Killers« in ASTRONOMIE HEUTE 4/2003, S. 20) in New Mexico aufgespürt. Nachdem er am 22. September das Perihel erreichte – in 0,9 AE Abstand von der Sonne und 1,56 AE von der Erde entfernt – und mit 10. Größe leuchtete, wird er in der ersten Novemberhälfte durch das Sternbild Oktant ziehen.

Dort kommt es dann zu einem der ungewöhnlicheren Momente in der Kometenbeobachtung: Am 5. November wird C/2002 O7 wenig mehr als ein Grad vom Himmelssüdpol trennen. Der helle Mond, der sein erstes Viertel zu diesem Zeitpunkt um vier Tage überschritten hat, wird die Sichtung leider erschweren. Doch Eile ist nicht nötig: Rund zehn Tage lang ist der Komet, der dann 9. Größe hat, in einem Abstand von höchstens zehn Grad vom Südpol zu sehen.

Komet Halley in der Kälte

Eine aktuelle Neuigkeit haben wir noch für Sie: 17 Jahre nach dem letzten Vorbeiflug von Komet Halley hat das VLT-Teleskop in Chile das berühmte Objekt in der Rekordentfernung von 4,2 Milliarden Kilometer aufgenommen. Dort, in der Kälte des äußeren Sonnensystems, ist Halley völlig inaktiv: www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2003/phot-27-03.html.

Zwei weitere Objekte, von denen wir hier im Süden uns viel für das Jahr 2004 versprechen, werden schon kurz vor Ende dieses Jahres heller als 10. Größe. C/2001 Q4, der 2001 vom Near-Earth-Asteroid-Tracking-Programm (Neat, siehe ebenfalls »Global Killers«) entdeckt wurde, ist schon gegen Ende November nahe des Himmelssüdpols zu finden.

Kometenduett in Down Under

Ab Mai 2004, wenn er mit 2. Größe erscheint, ist er auch kurz für Beobachter der Nordhemisphäre sichtbar. Am 10. des Monats kreuzt er den Himmelsäquator und beginnt dann zu verblassen. Doch selbst gegen Ende Mai, wenn er das Sternbild Großer Bär betritt, könnte er immer noch heller als 5. Größe sein.

GORDON GARRADD

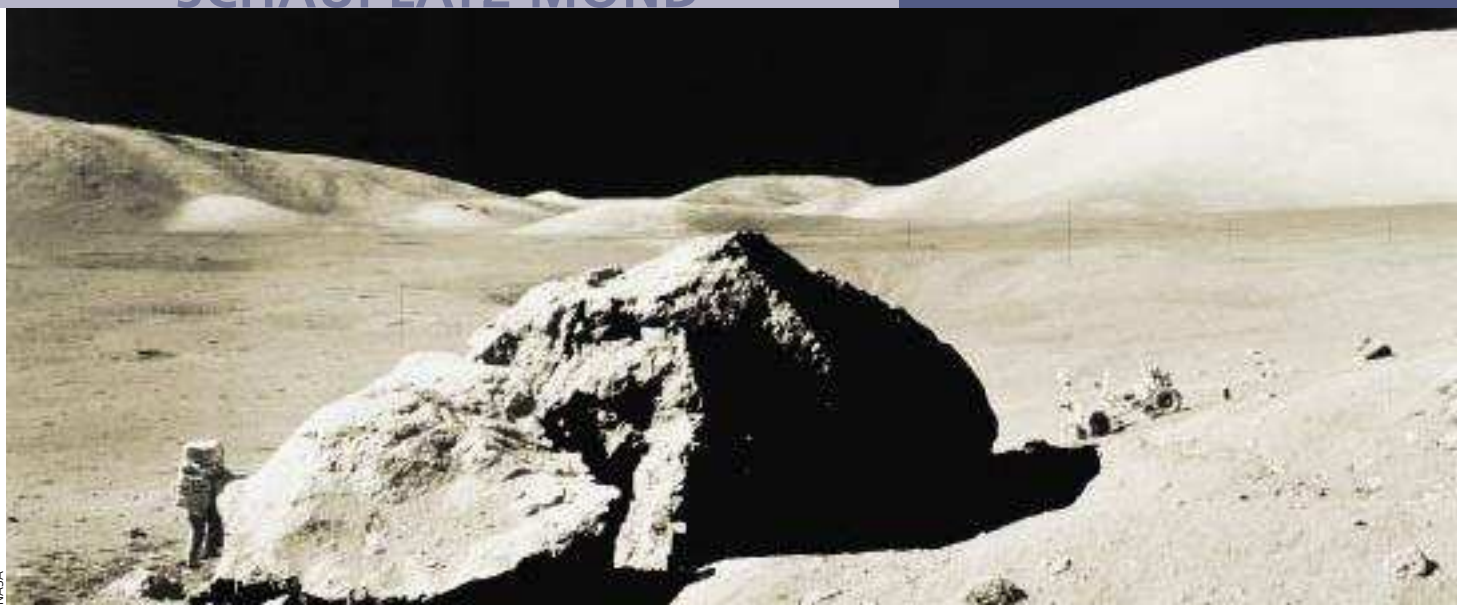
Besucher aus dem interstellaren Raum. Der australische Amateur G. Garradd machte diese 100-Sekunden-CCD-Aufnahme von Komet Encke mit einem 25-cm-Reflektor im Juni 1997.

ROLANDO LIGUSTRI, LUCIO FURLANETTO (CIRCOLO ASTROFILI TALMASSONS)

Prächtiger Kometenschweif Diese zusammengesetzte CCD-Aufnahme von C/2002 V1 (Neat) gelang den italienischen Amateuren R. Ligustri und L. Furlanetto im Januar.

Eine einmalige Gelegenheit bietet sich in der südlichen Hemisphäre, wenn in dieser Zeit schließlich noch C/2002 T7 auftaucht: Stellen Sie sich zwei Kometen von rund 2. Größe vor, die nach dem Passieren des Perihels Schweiflängen von vielen Graden aufweisen! Vielleicht haben ja auch Sie Gelegenheit, dabei zu sein – hier in »Down Under«! <<

S&T-Redakteur **Greg Bryant** lebt in Australien in der Nähe von Sydney.



NASA

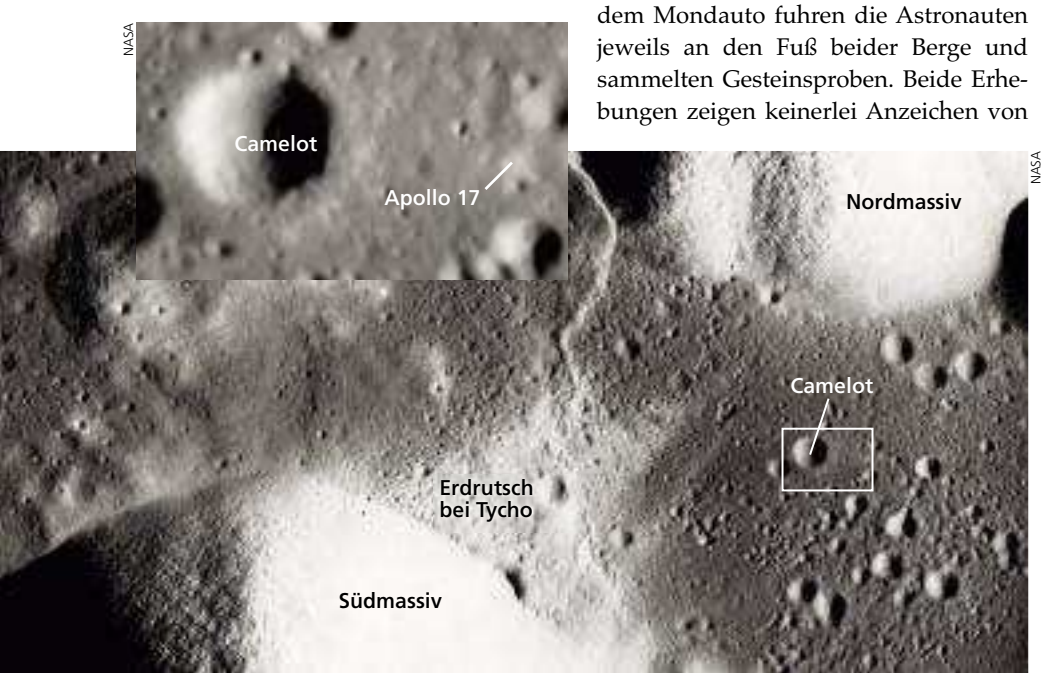
Am Landeplatz von Apollo 17

Für die Bestimmung des Alters unseres Mondes lieferten die Apollo-Missionen wichtige Hinweise. **>> Charles A. Wood**

Der Geologe Harrison Schmidt nimmt während der Apollo-17-Mission Proben am »Split Rock«, einem Felsbrocken, der durch den Einschlag eines Meteoriten herausgeschleudert wurde. Im Hintergrund parkt das Mondauto.

Mit dem Abflug der letzten Apollo-Landefähre aus dem Taurus-Littrow-Tal in Richtung Erde ging die Ära der bemannten Mondforschung am 14. Dezember 1972 vorerst zu Ende. Die Vereinigten Staaten haben 25 Milliarden Dollar investiert, um ein Dutzend Astronauten auf den Mond zu bringen. Diese sammelten dort insgesamt 380 Kilogramm Mondgestein und brachten es zur Erde. Doch Steine allein sind nicht sehr aufschlussreich, solange wir nicht wissen, wie und wo sie entstanden. Hat sich ein bestimmtes Gestein als Teil der Hochlandkruste direkt an der Mondoberfläche gebildet oder wurde es durch einen gewaltigen Meteoriteneinschlag aus großer Tiefe an die Oberfläche befördert?

Apollo 17 war die letzte der Apollo-Missionen und gleichzeitig die erste, auf der ein Wissenschaftler – der Geologe Harrison Schmitt – zum Mond flog. Die Landestelle liegt am östlichen Rand des Mare Serenitatis in einem Tal zwischen dem Nord- und dem Südmassiv, zwei Bergen südlich des Kraters Littrow. Mit dem Mondauto fuhren die Astronauten jeweils an den Fuß beider Berge und sammelten Gesteinsproben. Beide Erhebungen zeigen keinerlei Anzeichen von Vulkanismus und die eingesammelten Proben bestehen folglich auch nicht aus Lava. Weil sie sich genau dort befinden, wo eigentlich die Ringe des Serenitatis-Beckens sein müssten, nimmt man an, dass sie Auswurfmaterial aus dem dazugehörigen Einschlag sind. Tatsächlich zeigen die Aufnahmen der Astronauten, dass das dort vorkommende Gestein mit seinen hellen und dunklen Flecken gigantischen Brekzien (Mischgesteine) ähnelt. Die zurückgebrachten Proben zeigen die gleiche bunte Struktur en miniature: Sie bestehen aus einer Mischung aus beim Einschlag geschmolzenen Brekzien und plutonischen (das heißt aus der Tiefe stammenden) Gesteinen.



NASA

Ron Evans, dem Piloten der Apollo-17-Kommandokapsel »America«, gelang diese Aufnahme von der Mondumlaufbahn aus. Auf der Ausschnittsvergrößerung ist die Apollo-17-Landefähre »Challenger« ganz schwach zu erkennen. Für eine direkte Beobachtung mit Teleskopen von der Erde aus sind die Apollo-Landefähren jedoch zu klein.

Das geschmolzene Mischgestein entstand vermutlich bei dem gewaltigen Einschlag, der das Serenitatis-Becken erzeugte, und ist 3,87 Milliarden Jahre alt. Die Lavaflüsse haben ein Alter von 3,72 Milliarden Jahren und die durch den Einschlag an die Oberfläche gebrachten Tiefengesteine enthalten ein magnesiumreiches Mineral namens Norit, das 4,3 Milliarden Jahre alt ist und somit zu den ältesten Gesteinen von Erde und Mond zählt. Die Landestelle von Apollo 17 ist am besten zu beobachten, wenn sie nicht gerade vom Schatten der Gebirge verdeckt wird. Der größte einzelne Berg in der Region ist das Südmassiv, der helle Gebirgszug darüber das Nordmassiv. Die Astronauten von Apollo 17 flogen knapp über diese beiden Bergkämme hinweg, bevor sie auf der glatten dunklen Marefläche landeten. Ein kleines Detail der Landestelle gibt einen Hinweis auf ein Ereignis, dass sich in nur 2000 Kilometer Entfernung zugetragen hat.

Ein Bergrutsch auf dem Mond

Bei gutem Seeing und hohem Sonnenstand fällt dem geübten Beobachter dort ein kleines Dreieck helleren Materials ins Auge, das sich von der Basis des Südmassivs nach Norden erstreckt und auf Grund seiner Färbung gut vom sonst eher dunklen Mareboden zu unterscheiden ist. Die Mondforscher glauben, dass es sich dabei um eine Gesteinslawine handelt, die den Abhang des Südmassivs herunterrutschte, als dieser vom Auswurfmaterial des Tycho-Einschlags getroffen wurde (Foto links). Auch hier sammelten die Astronauten Gesteinsproben ein.

Selbst wenn es noch einige Zweifel daran gibt, ob die kleinen Sekundärkrater und die Gesteinsablagerungen an der Landestelle von Apollo 17 beim Tycho-Einschlag entstanden sind, so glaube ich doch fest daran. Die Daten von Apollo 17 bestätigen eine frühere Untersuchung von William K. Hartmann und mir, in der wir auf Grund der kleinen überlagerten Einschlagkrater innerhalb Tychos ein Alter von etwa 160 Millionen Jahren bestimmten.

Astronomen und »Fernrohr-Astronauten« finden Bilder von den Apollo-Landeplätzen auf Dan Durdas Webseite: www.boulder.swri.edu/~durda Apollo/landing_sites.html. <<

CONSOLIDATED LUNAR ATLAS

Der Landeplatz von Apollo 17

in einem Ausschnitt aus dem »Consolidated Lunar Atlas«. Dieser sehr schöne fotografische Atlas ist leider vergriffen. Scans davon finden Sie jedoch auf der Internetseite www.lpi.usra.edu/ research/cla/menu.html des Lunar and Planetary Institute.

Charles A. Wood ist begeisterter Mondbeobachter, Planetologe und Leiter der Bildungsprogramme von »Biosphere 2« in der Nähe von Tucson, Arizona.

ANZEIGE

Der nächste Kontinent – interstellar gedacht

GEORGE GREANEY

Zugegeben, ich habe den Andromedanebel noch nie durch ein Fernrohr oder gar mit unbewehrtem Auge gesehen. Obgleich Letzteres machbar ist: Andromeda ist eine der wenigen mit bloßem Auge sichtbaren Galaxien. Ich kenne sie dennoch nur von Fotos – Schriftsteller sind eben Büchermenschen.

Trotzdem war Andromeda für mich seit jeher der Inbegriff einer fremden Galaxie, das archetypische Bild meines interstellaren Fernwehs sozusagen.

Als Jugendlicher hatte ich jahrelang ein Bild des Andromedanebels über dem Schreibtisch hängen, schräg hinter der Schreibmaschine, auf der ich meine ersten Geschichten tippte. Ich weiß noch, dass ich oft gedankenverloren dasaß, in die Betrachtung dieser filigranen Sternenwolke versunken.

Ihr Anblick ließ mich Weite jenseits jeder Vorstellung spüren, ich suchte die unfassbaren Dimensionen des Universums zu begreifen. Schon allein diese Bezeichnungen! M31. NGC224. Ich wusste lange nicht, woher diese Kürzel kamen, aber das machte sie nur noch geheimnisvoller.

Und fast drei Millionen Lichtjahre entfernt! Kaum zu fassen. Selbst wenn man zwischen den Sternen fliegen könnte – eine andere Galaxis, das wäre noch einmal ein Schritt weiter.

Könnte man hinausgehen in die große Leere – und in Träumen und Romanen kann man es ja –, dann wäre Andromeda das nächste Gestade, um vor Anker zu gehen.

Und dahinter – beginnt das Universum erst.

Immer noch bewahre ich eine Bilddatei des Andromedanebels auf, als gelegentlichen Bildschirmhintergrund, und immer noch kann ich, wenn ich diese erhabene Sternenspirale anschaue, nur denken: Wie klein wir sind. Und doch sind wir. <<

RENÉ DURANT

Andreas Eschbach

Jahrgang 1959, studierte Luft- und Raumfahrttechnik, war zeitweise Geschäftsführer einer EDV-Beratungsfirma und ist seit 1996 freier Schriftsteller. Zu seinen preisgekrönten Büchern zählen »Die Haarteppichknüpfer«, »Das Jesus Video« und »Eine Billion Dollar«. Im September erschien sein neuer Roman »Der Letzte seiner Art«, ein Thriller um die Lebens- und Leidensgeschichte eines Cyborgs.

www.AndreasEschbach.de

Kleine Auszeit im Weltraum
Der erste Deutsche im All, Sigmund Jähn, verbrachte 188 Stunden auf der russischen Raumstation Saljut 6.

DLR / JÄHN

»Unser Mann in Moskau«

An Bord einer sowjetischen Raumkapsel startete Sigmund Jähn vor 25 Jahren als erster Deutscher ins All. **>> Thilo Körkel**

Die Gruppe Fliegeroffiziere hatte sich im Nebenraum des Büros von Generalleutnant Wolfgang Reinhold, dem Chef der Luftstreitkräfte der Deutschen Demokratischen Republik, versammelt. Alles Jagdflieger, nicht mehr ganz jung, sondern erfahrene Männer, von denen kaum einer unter tausend Flugstunden mit Düsenjägern auf seinem Konto verbuchen konnte.

Sie hatten nicht die geringste Ahnung, was Reinhold mit ihnen vorhatte. Als Oberstleutnant Sigmund Jähn zum Eintreten aufgefordert wurde, kam der General nach kurzem Vorgeplänkel zur Sache: »Es geht um die mögliche Beteiligung an einem Weltraumflug. Die Sache ist absolut freiwillig. Sie haben zwei Tage Bedenkzeit.«

So lange brauchte Jähn nicht, wie Horst Hoffmann in seiner vergriffenen Biografie »Der fliegende Vogtländer« berichtet: »Obwohl ich an diesem Morgen noch nicht einmal geahnt hatte, dass mir diese Frage jemals gestellt werden würde, beantwortete ich sie augenblicklich mit Ja.« Der schnelle Entschluss im Jahr 1976 prägte Jähns Leben, auch wenn sein Flug ins All im Jahr 1978 zu seinem Leidwesen für ihn der einzige blieb.

Starthelfer für europäische Astronauten

Der angehende Kosmonaut, 1937 im sächsischen Vogtland geboren und seit Ende der 1950er Jahre Jagdflieger, war immens stolz darauf, dass man ihm eine so einzigartige Aufgabe anvertraute. Gleichzeitig spürte er die Verantwortung, die auf ihm als Gesandtem der DDR lastete. Nicht weniger ernst nahm er seine Mission, als er nach der Wiedervereinigung für die europäische Weltraumagentur Esa und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) arbeitete. »Unser Mann in Moskau«, wie ihn DLR-Chef Sigmar Wittig anerkennend nennt, begleitete im Kosmonautenausbildungszentrum Juri Gagarin des »Sternenstädtchens« Zwezdny Gorodok nahe der russischen Hauptstadt westeuropäische Astronauten bei ihrem Anlauf ins All – darunter Klaus-Dietrich Flade, Ulf Merbold, Thomas Reiter und Reinhold Ewald.

Wittig sieht in Jähn einen wichtigen Kristallisationspunkt für die internationale Raumfahrt: »Er bindet die Menschen, und das liegt, glaube ich, an seiner ganz fundierten Sachkenntnis, seiner unglaublichen Erfahrung, die er aber paart mit einer persönlichen Bescheidenheit. Er nimmt sich selbst zurück, sodass sich die Gesprächspartner sofort eingebunden fühlen.« Jähn selbst zieht seine Be-

friedigung daraus, dass sich seine westeuropäischen Zöglinge, die mit Vorbehalten nach Russland kamen, nach kurzer Zeit gedanklich umstellten: »Hier haben wir diesen Riss, der bis 1989/90 offen lag, miteinander kitten können.«

Doch zurück ins Jahr 1976. Zu jener Zeit lud die Sowjetunion im Rahmen ihres Interkosmos-Programms sozialistische Staaten ein, ihre Kosmonauten auf einen Weltraumflug an Bord sowjetischer Raumkapseln zu schicken. Als einer der Auserwählten zog Jähn mit seiner Familie ins Sternenstädtchen um und wurde gemeinsam mit polnischen und tschechoslowakischen Kandidaten zwei Jahre lang intensiv ausgebildet.

Von den DDR-Kandidaten überstand neben Jähn nur Eberhard Köllner die strenge Ausleseprozedur, blieb jedoch, als Jähns Ersatzmann, schließlich am Boden. Am 26. August 1978 war es soweit: Jähn und sein sowjetischer Kommandant Waleri Bykowski hoben im Raumschiff Sojus 31 zum wissenschaftlichen Orbitalkomplex Saljut 6 ab.

Es war, als holte die Rakete noch einmal tief Luft

»Für ein bis zwei Sekunden schien nichts zu passieren – als holte die Rakete vor der gigantischen Kraftanstrengung noch einmal tief Luft«, schreibt Jähn in seinem Buch »Erlebnis Weltraum«. »Doch da kam auch schon der sanfte Stoß in den Rücken: Die Verankerung hatte den nach oben drängenden Kräften freien Lauf lassen müssen.« Was Jähn in solchen außergewöhnlichen Momenten in seinem Innersten wirklich erlebte, lässt er im Ungewissen. Hatte er Angst? Die Selbstauskunft fällt mager aus: »Zweifellos war bei uns ein besonderer ›emotionaler Zustand‹ nicht zu leugnen.«

Tief beeindruckt von seinen Erlebnissen im All war er allemal. Als die Sojus 31 an Saljut 6 andockte, wurden Jähn und Bykowski von der überglücklichen Stammbesatzung der Raumstation empfangen. Als munteres Quartett erledigten die Kosmonauten in den kommenden Tagen ihr wissenschaftliches Pensum. Kleinere Zwischenfälle wie den Brand des Navigationscomputers, der im Dauerbetrieb zu heiß geworden war, bekamen sie schnell in den Griff.

Die größte Panne geschah nach dem Rückflug, als das Landegerät auf der kasachischen Steppe aufsetzte. Bykowski rutschte mit seinen plumpen Handschuhen von dem Schalter ab, der die Kommandokapsel vom Hauptfallschirm trennen und zum Stehen bringen sollte. Der Fallschirm zerrte das Gefährt weiter, dreimal überschlug es sich auf dem harten Boden, bis die Kosmonauten benommen, aber heil – mit Ausnahme einer Rückenverletzung Jähns – aussteigen konnten.

Dennoch: Der Erfolg der Mission war groß, die DDR war der BRD davongeflogen. Ulf Merbold, fünf Jahre nach Jähn der erste westdeutsche Astronaut (ebenfalls ein Vogtländer, der aber 1960 die damals noch durchlässige Grenze passiert hatte), wurde im Westen nie so berühmt wie sein gefeierter ostdeutscher Vorgänger in der DDR.

»Ein Jähn«, so hieß es damals in dessen Heimat, sei die Entfernung zwischen zwei Plakaten des offiziellen Volkshelden. Die Rede vom »Jähnseits« machte die Runde, und mancherorts konnten Schulkinder, die »Bienchen« für besondere Leistungen sammelten, deren drei in einen »Sigmund« umtauschen. In die internationale Geschichtsschreibung ging Jähn aber nur als »Kosmonaut Nummer 90« ein. Geschichte hatten schon andere gemacht, lange vor ihm: Juri Gagarin etwa, der im Jahr 1961 als erster Mensch die Erde umkreiste, oder Neil Armstrong, der 1969 die amerikanische Flagge auf dem Mond hisste. Und schon sieben Jahre vor Jähns Jungfernfahrt umrundete die bemannte Raumstation Saljut 1 den Globus.

Raumfahrer-Urgestein im Ruhestand

Im März 2002 ging der »erste Deutsche im All« in den Ruhestand. Von seinen Erfahrungen profitierten ganze Generationen von Raumfahrern, in den 1980er Jahren zunächst im Zentrum für Kosmische Ausbildung in Strausberg bei Berlin, später im russischen Sternenstädtchen. Hier war es zuletzt der spanische Esa-Astronaut Pedro Duque – er soll am 18. Oktober zur Internationalen Raumstation fliegen –, der manche Erfahrung des Urgesteins der deutschen Astronautengeschichte mit ins Fluggepäck genommen hat. <<

Thilo Körkel ist ständiger Mitarbeiter von ASTRONOMIE HEUTE.

DLR / JÄHN

In zwei Stunden geht es los

Jähn (unten) und der Kommandant der Mission Bykowski, der schon zum dritten Mal ins All abhebt.

SERIE Die Europäische Nordsternwarte »Eno« (Teil I)

Magic zaubert auf La Palma

Für unsere Leser besuchten wir das größte Gammastrahlen-Teleskop der Welt, das am 10. Oktober auf den Kanarischen Inseln eingeweiht wurde. **>> Oliver Dreissigacker**

Mein Flug auf die 3000 Kilometer entfernten Kanaren dauert vier Stunden. La Palma, die fünftgrößte Insel des Kanarischen Archipels, ist neben den Anden und Hawaii der beste Beobachtungsstandort. Denn auf Grund der Lage vor der Westküste Afrikas sorgen Passatwinde für ein beständiges Klima und die Wolken bleiben meist unterhalb der vulkanischen Gipfel.

Die Fahrt vom Flughafen zur Sternwarte führt mich durch La Palmas Hauptstadt Santa Cruz. Die Spanier legten nach der Eroberung Ende des 15. Jahrhunderts an der Ostküste den Hafen an, der kaum fünfzig Jahre später neben Sevilla und Antwerpen der wichtigste Umschlagplatz ihres Imperiums wurde. Bald zweigt die enge Bergstraße nach Santo Domingo de Garafía ab. Ich laufe auf einen kleinen Konvoi von Touristen auf, die mit ihren Mietwagen dasselbe Ziel haben wie ich: den Tag der offenen Tür am Observatorio Roque de los Muchachos (ORM).

Die Straße schlängelt sich in unzähligen Haarnadelkurven den Berg hinauf. Vier Kleinwagen habe ich vor mir, die Strecke bietet meinem Diesel keine Überholmöglichkeiten. Nach etwa einer Dreiviertelstunde erreichen wir die Baumgrenze, kurze Zeit später tauchen in der Ferne zwischen den Kurven immer wieder Teleskope auf, das 4,2-Meter-William-Herschel, das Zwei-Meter-Liverpool, die Riesenkuppel des kommenden Zehn-Meter-Gran-Telescopio-Canarias (GTC, siehe Teil II). Dann endlich die Erlösung: die Abzweigung zur Sternwarte.

AH / DRE

Hegra macht Platz

1992 nahm der Prototyp des »High Energy Gamma Ray Astronomy«-Experiments hier seine Arbeit auf (CT1, links im Bild). 1998 bis 2002 war ein Array aus fünf modernisierten Einheiten mit 1,8 Meter Durchmesser im Einsatz, wie das rechte Teleskop.

Nach dem Passieren der Wohn- und Bürogebäude der Astronomen und Techniker fällt mein Blick sofort auf das erste Teleskop an der Straße: Magic, das »Major Atmospheric Gamma-Ray Imaging Cherenkov«-Teleskop. Ich stelle meinen Wagen auf einem der an diesem Tag zum Parkplatz umfunktionierten Hubschrauberlandeplätze ab, suche meine Ausrüstung zusammen und laufe über die kleine Hochebene auf das Instrument zu.

Grazil sieht es aus und täuscht damit über seine enorme Größe hinweg: 17 Meter Durchmesser hat der f/1-Hauptspiegel, der aus über 950 quadratischen elo-

xierten Aluplatten mit je einem halben Meter Seitenlänge besteht. Montiert ist das Ganze auf einer Struktur, wie man sie von modernen Deckenkonstruktionen kennt. Sie wurde quasi mit Teilen aus dem Baukasten realisiert. Auch Forscher müssen sparen, sogar eine Kooperation von knapp zwanzig Instituten auf beiden Seiten des Atlantiks!

Moderne Baustoffe, Kohlefaser und Aluminium, sind dabei eine Schlüsselkomponente für die Höchstanforderungen an das Gerät, wie Markus Garczarczyk vom Max-Planck-Institut für Physik in München (MPP, http://hegra1.mppmu.mpg.de/MAGICWeb) den deutschsprachigen Teilnehmern der Führung erklärt. »Wir wollen mit Magic auch Gamma-Ray-Bursts beobachten. Die sind aber so schnell vergänglich, dass wir innerhalb von nur zwanzig Sekunden nach Eingang des Beobachtungsalarms das Instrument auf jede beliebige Position fahren müssen. Bei einem solch großen Gerät geht das nur, wenn es so wenig wie möglich wiegt. Das sind in diesem Fall vierzig Tonnen.«

Aber Gammastrahlen können doch die Erdatmosphäre nicht durchdringen, fragt ein Besucher, was genau sieht das Teleskop also eigentlich? »Einen Hinweis darauf gibt die Bezeichnung für derartige Instrumente«, erläutert Garczarczyk, »wir nennen sie abbildende atmosphärische Tscherenkow-Teleskope, denn sie sehen das blaue bis ultraviolette Tscherenkow-Licht. Ähnlich wie bei Teilchen der Kosmischen Strahlung (AH Juli / August, Kasten S. 26) wird dies von einem Teilchenschauer acht bis zwanzig Kilometer hoch in der Atmosphäre abgestrahlt.« Magic nutzt dadurch indirekt den Energiebereich von 30 bis 300 GeV. Hier lassen sich die Ereignisse gut von denen Kosmischer Strahlung unterscheiden. Ein Gammaschauer erzeugt einen »Blitz« aus nur zirka hundert Tscherenkow-Photonen, der etwa eine milliardstel Sekunde andauert. Man braucht also eine Menge Computerkapazität, um alle Störungen anderer Quellen herauszurechnen und dabei kein Gammaereignis zu übersehen.

Klingt kompliziert. Ist es auch. Funktioniert aber, versichert Robert Wagner vom MPP. »First Light«, also die erste Testbeobachtung, wurde am 8. März 2003 mit Sternen erfolgreich durchgeführt. Am 29. Mai gab es die ersten Bilder eines Schauers. Alles funktionierte einwandfrei, und so zogen die Ausleseelektronik und der Computer in das neue Kontrollgebäude um.

Die feierliche Einweihung fand am 10. Oktober mit zahlreichen Gästen statt, und wenn Sie dieses Heft druckfrisch im Zeitschriftenladen erstehen, nehmen die Astronomen den wissenschaftlichen Betrieb auf. Als Erstes sehen sie sich die »Standardkerze für Tscherenkow-Teleskope« an: M 1, den Krebsnebel! <<

AH-Redakteur **Oliver Dreissigacker** ist gespannt auf die ersten Magic-Spektren von 3C 273 & Co.

MPP

Noch ohne den Spiegel und die Kamera aus 577 Fotomultipliern zeigte sich Magic im Herbst 2002.

Der Blick hinab vom Nordic Optical Telescope (Not) auf die Landstraße, die Wohn- und Technikgebäude, die Hubschrauberlandeplätze und das angrenzende »Reich von Magic«. Das 17-Meter-Teleskop (rechts) als Computerzeichnung; zum Größenvergleich ein Mensch.

FOTO: AH / DRE., GRAFIK: MPP

Die Kraft der Gezeiten

Ebbe und Flut

Vor kurzem erreichte mich folgende Frage eines Lesers: »Der Mond zieht mit seiner Anziehungskraft das Wasser der Ozeane gen Himmel, angeblich entstehen so Ebbe und Flut. Hat denn bisher kein Astronom bemerkt, dass der Mond täglich nur einmal über uns hinwegzieht, die Flut aber zweimal pro Tag kommt?«

Erde und Mond sind durch ihre Anziehungskraft aneinander gebunden. Beide Körper kreisen also um einen gemeinsamen Schwerpunkt (siehe Grafik Seite 65 oben). Dieser liegt auf der Verbindungslinie zwischen den Mittelpunkten beider Körper. Erde und Mond spüren die gegenseitige Anziehungskraft und gleichzeitig die Fliehkraft ihrer Kreisbewegung. Auf der dem Mond zugewandten Erdseite wirkt dessen Anziehungskraft der Schwerkraft der Erde entgegen. Deshalb entsteht dort ein Flutberg. Auf der dem Mond abgewandten Seite wirken die Anziehungskräfte von Erde und Mond in die gleiche Richtung und sollten den Wasserspiegel dort eigentlich nach unten drücken.

Da die Erde aber auch um diesen Schwerpunkt kreist und die Fliehkraft der Bewegung der gemeinsamen Anziehung von Erde und Mond entgegenwirkt, heben sich die Wassermassen dort ebenfalls in die Höhe: Es entsteht ein zweiter Flutberg, etwa so hoch wie der erste. Deshalb erlebt jede Küste täglich zweimal Ebbe und zweimal Flut.

Wie die Bremsbacken eines Fahrrads

Es ist schon verblüffend, wie die geringe Anziehungskraft des Monds das Meer in solche Bewegung versetzen kann. Und das, obwohl wir im täglichen Leben von ihr nichts bemerken: Wer sich morgens auf eine Waage stellt, bei der sein Gewicht mit der Spannung einer Stahlfeder verglichen wird, merkt nicht, dass er um ein bis zwei Gramm leichter ist, wenn der Mond mit seiner Anziehungskraft direkt über ihm steht.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

In den Gezeitenströmungen stecken gewaltige Energiemengen. In der Bretagne an der Mündung der Rance nahe Saint-Malo treiben die Gezeiten die Turbinen eines Kraftwerks an (siehe Bild oben). Zweimal am Tag füllt die Flut das Becken in der Flussmündung, zweimal am Tag leert es sich wieder. Seit 1966 leitet eine Staumauer das Wasser durch 24 Turbinen und gewinnt so Energie. Zu Spitzenzeiten, also viermal am Tag, liefert das Kraftwerk eine Leistung von bis zu 860 Megawatt. Ein durchschnittliches Atomkraftwerk dagegen speist 1200 Megawatt rund um die Uhr in das Stromnetz ein.

Das Gezeitenkraftwerk in der Rance-Mündung bei Saint-Malo am Ärmelkanal, aufgenommen im August 1976.

Doch wie gewinnen Gezeitenkraftwerke Energie? Die Ingenieure von Saint-Malo zapfen die Bewegungsenergie der Erdrotation an. Dass Drehbewegung eine Energieform ist, merkt jeder, der einmal versucht hat, mit der bloßen Hand ein sich drehendes Rad anzuhalten, und sich dabei die Finger verbrannt hat.

Für einen Beobachter auf dem Mond dreht sich die Erde täglich einmal unter

ihren beiden Gezeitenbergen hindurch. Während sie dies tut, »reibt« sie sich an ihnen. Anders ausgedrückt, schiebt sie all ihre Unebenheiten – Steilküsten, Seetiefen und Landzungen – unter den Gezeitenbergen durch. Das Wasser strömt in Buchten, umspült Inseln und fließt wieder zurück. Die Energie dieser Bewegung stammt aus der Rotation des Erdkörpers. Die beiden Gezeitenberge reiben also quasi wie zwei Bremsbacken eines Fahrrads an der sich unter ihnen wegdrehenden Erdkugel und verlangsamen so die Erddrehung. Ein Erdentag wird deshalb pro Jahrhundert um 0,002 Sekunden länger.

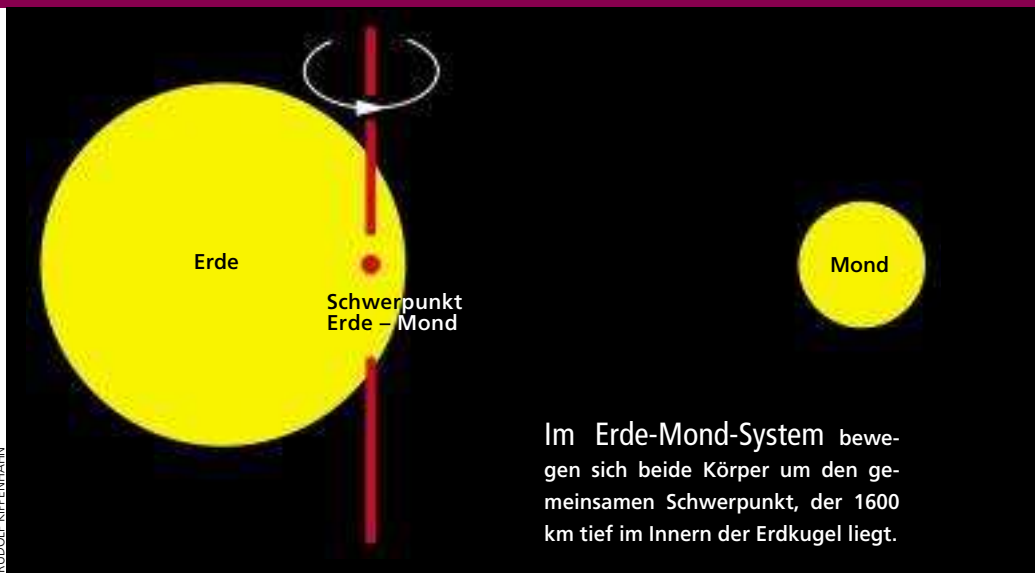
Doch die Abbremsung der Erde durch die Gezeiten ist nicht die ganze Geschichte. Auf Grund der Reibung werden die Wassermassen auch vom Erdkörper etwas mitgezogen. Deshalb liegen die beiden Flutberge auch nicht genau auf der Verbindungslinie durch die Mittelpunkte von Erde und Mond. Für einen Beobachter auf der Erde hinkt der Mond der Flut um etwa zweieinhalb Stunden hinterher.

Laserstrahlen vom Mond

Die Gezeitenberge sind also gegenüber der Verbindungslinie Erde-Mond etwas verschoben. Da aber ihre Wassermassen selbst Schwerkraft ausüben, wirken sie nach dem alten physikalischen Grundsatz »Kraft gleich Gegenkraft« auch auf den Mond. Ohne die Verschiebung der Flutberge zöge die Erde den Mond genau in Richtung ihres Mittelpunkts. Die Fliehkraft seiner Umlaufbewegung hielte der Erdanziehung also das Gleichgewicht. Doch die Flutberge eilen dem Mond voraus. Deshalb bekommt er zusätzlichen Schwung. Die Fliehkraft seiner Bewegung wird verstärkt und so entfernt sich unser Trabant langsam, aber sicher von der Erde. Jedes Jahr vergrößert sich seine Distanz um wenige Zentimeter. Und das kann man messen.

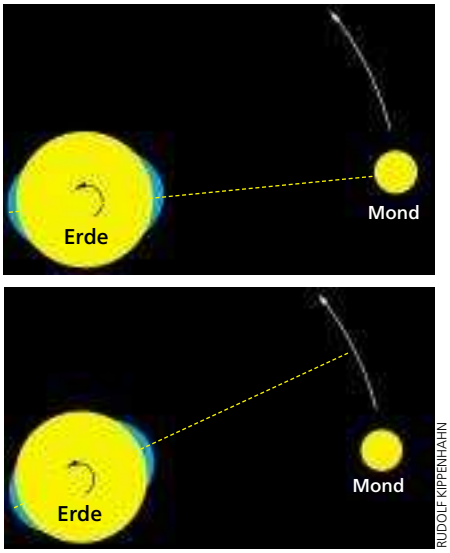
Als die Apollo-11-Astronauten nach ihrer Mondlandung im Juli 1969 wieder vom Mond abhoben, ließen sie im Landegebiet Laser-Reflektoren zurück. Diese Spiegel werden heute noch dazu benutzt, um die Monddistanz auf wenige Zentimeter genau zu bestimmen.

Stationen in den USA, Frankreich und Deutschland senden gepulstes Laserlicht zum Mond, das von den Reflektoren zur Erde zurückgeworfen wird. In Deutschland strahlt die Satellitenstation des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie in Wettzell im Bayerischen Wald diese Laserpulse zum Mond. Die schwachen Lichtechos der Pulse, die nach etwa zweieinhalb Sekunden wieder auf der Erde eintreffen, zeigen, dass sich der Mond jährlich um 3,8 Zentimeter von der Erde entfernt. Es sind die Flutberge, welche die Erddrehung bremsen, dem Mond mehr Schwung geben und ihn damit allmählich auf eine Bahn mit größerem Durchmesser heben.



RUDOLF KIPPENHAHN

Im Erde-Mond-System bewegen sich beide Körper um den gemeinsamen Schwerpunkt, der 1600 km tief im Innern der Erdkugel liegt.



RUDOLF KIPPENHAHN

Zwei Flutberge (blau) sollten genau auf der Verbindungslinie Erde-Mond liegen. Da sich die Erde jedoch schneller um ihre Achse dreht, als der Mond sie umläuft, dreht sich der Erdkörper unter den Flutbergen hindurch (oben). Dabei nimmt er die Flutberge etwas mit (unten). Deren Anziehungskraft wirkt zusätzlich zur Schwerkraft der Erdkugel auf den Mond, der ihm näher liegende Flutberg zieht stärker. Der Effekt: Die Erde gibt Drehimpuls an den Mond ab. Ihre Rotation wird abgebremst, der Radius der Mondbahn vergrößert sich langsam.

Windräder im Meer versenken

Zwischen England und Irland, an den Küsten der Normandie und der Bretagne erreicht die Geschwindigkeit der Meeresströmung mehrere Knoten. Nun geht man daran, Propeller von 15 oder 20 Meter Durchmesser im Meer zu versenken und so elektrische Energie aus den Gezeitenströmen zu zapfen. Optimisten schätzen, dass sich damit die gleiche Energie gewinnen lässt wie mit vierzig großen Kernkraftwerken. Gezeitenkraftwerke sind schon von ihrer Konzeption her besonders umweltfreundliche Energieerzeuger. Im Juni 2003 hat das erste Strömungskraftwerk »Seaflow« an der Südwestküste Englands seinen Probebetrieb aufgenommen. Ob sich diese Art erneuerbarer Energie eines Tages rechnet, steht allerdings noch in den Sternen. Noch ist sie teurer als Windkraft, aber vielleicht wird sie schon bald billiger. Das wäre schön. Denn ich habe mir schon immer gewünscht, dass die Windräder in unserer Landschaft einmal ins Meer versenkt würden. <<

Rudolf Kippenhahn, geb. 1926 in Bärringen (Tschechoslowakei), leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seit seiner Pensionierung lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

Gegen Jahresende nimmt die Zahl der amateurastronomischen Veranstaltungen üblicherweise ab. Daher können wir Ihnen hier leider nur wenige Termine vorstellen.

20.–24.10.: Astrobux 2003. Tagung zu Astronomie und Raumfahrt. Buxtehude bei Hamburg. Info: U. Uffrecht, E-Mail: uffrecht.u@t-online.de, Internet: www.astrobux.de

24.–26.10.: 2. Amateur-Teleskoptreffen. Falera, Graubünden, Schweiz. Info: Manuel Tönz, Tel. +41 (81) 285 12 09, E-Mail: toenzli@swissonline.ch, Internet: www.mirasteilas.net

24.–26.10.: 4. CCD-Workshop. Schwäbische Sternwarte und Carl-Zeiss-Planetarium, Stuttgart. Info: Geschäftsstelle der Schwäbischen Sternwarte, Tel. (0711) 2 26 08 93, Internet: www.sternwarte.de/verein/ccd-ws/2003/default.asp

25.10.–1.11.: Seminar »Praktische Astronomie – eine Einführung«. Astronomische AG Gornergrat, Zermatt, Schweiz. Info und Anmeldung: W. E. Celnik, Tel. +49 (02843) 8 63 70, E-Mail: werner.e.celnik@vds-astro.de

11.11.–5.12.: »Der Neue Weg ins All«, eine Ausstellung der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Dresden. Internet: www.dfg.de/raumtransportsysteme/index.html

15.11.: 22. Bochumer Herbsttagung der Amateurastronomen. Ruhr-Universität Bochum, Hörsaal HMA10. Internet: www.boheta.de

15.11.: 12. Tagung der Amateurastronomen Westsachsens in der Sternwarte Rodewisch. Info: Sternwarte Rodewisch, Tel. (03744) 32 313, E-Mail: graf@sternwarte-rodewisch.de, Internet: www.sternwarte-rodewisch.de

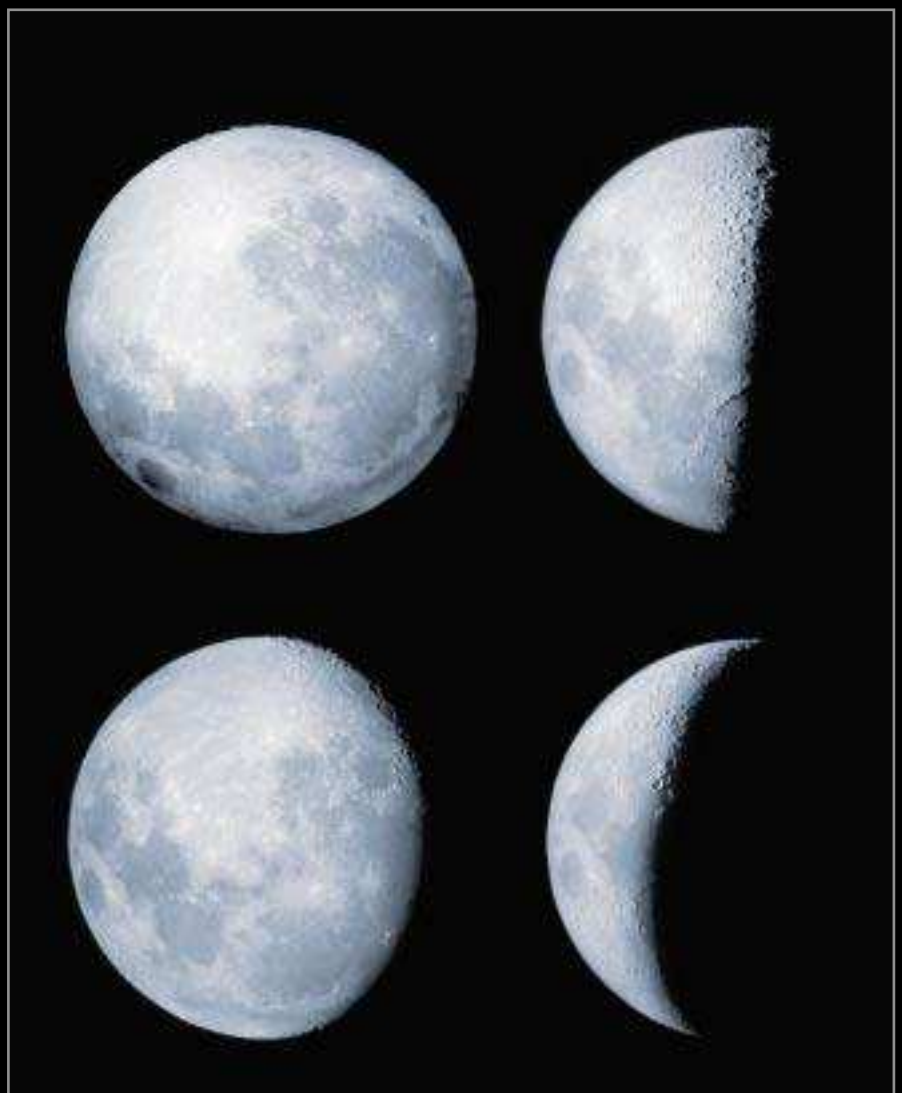
29.11.: 8. HATT – Astronomischer Gebraucht- und Neuwarenmarkt, Aula der Realschule, Grünstraße, 45525 Hattingen. Info: Ingo B. Schmidt, Tel. (0201) 833 60 82 oder (0174) 813 12 34, E-Mail: ingoschmidt@cityweb.de

Auch Ihre Termine können hier stehen! Schicken Sie frühzeitig, etwa zwei Monate vor Erscheinen der jeweils neuen Ausgabe, eine E-Mail an folgende Adresse: ah@spektrum.com

ANZEIGE

GLANZLICHTER

Am 27. August kam Mars unserer Erde so nahe wie seit 60 000 Jahren nicht mehr. Wir präsentieren Ihnen hier und im kommenden Heft neben anderen Motiven die schönsten Bilder, die unseren Lesern mit verschiedenen Aufnahmetechniken von diesem Jahrtausendereignis gelungen sind.



Vier Phasen
Diese vier Mondbilder wurden mit einer Canon-Powershot-G2 durch ein 114-Millimeter-Newton aufgenommen und mit Photoshop montiert.
>> Rolf Geissinger

Galaktisch

Die Milchstraße im Sternbild Schütze wurde mit einer Canon AE1 fotografiert. Die Kamera wurde 15 Minuten nachgeführt.

>> José de Queiroz

Mars im Wassermann

Hier hat ein Fujichrome-Provia-400-F-Film Mars und ein Flugzeug (Strichspur links im Bild) eingefangen. >> Kersten Polzin

Mondsichel

Diese Aufnahme des Monds im Erdschein wurde am 4. April mit einem Medion-Camcorder gemacht und zwanzig Sekunden belichtet.

>> Martin Wagner

Wundervolle Spirale

Ein 15-Zoll-Newtonteleskop (f/8) mit einer SBIG-ST10XME-CCD-Kamera und verschiedenen Filtern lieferte dieses schöne Farbkomposit von NGC 6946.

>> Volker Wendel

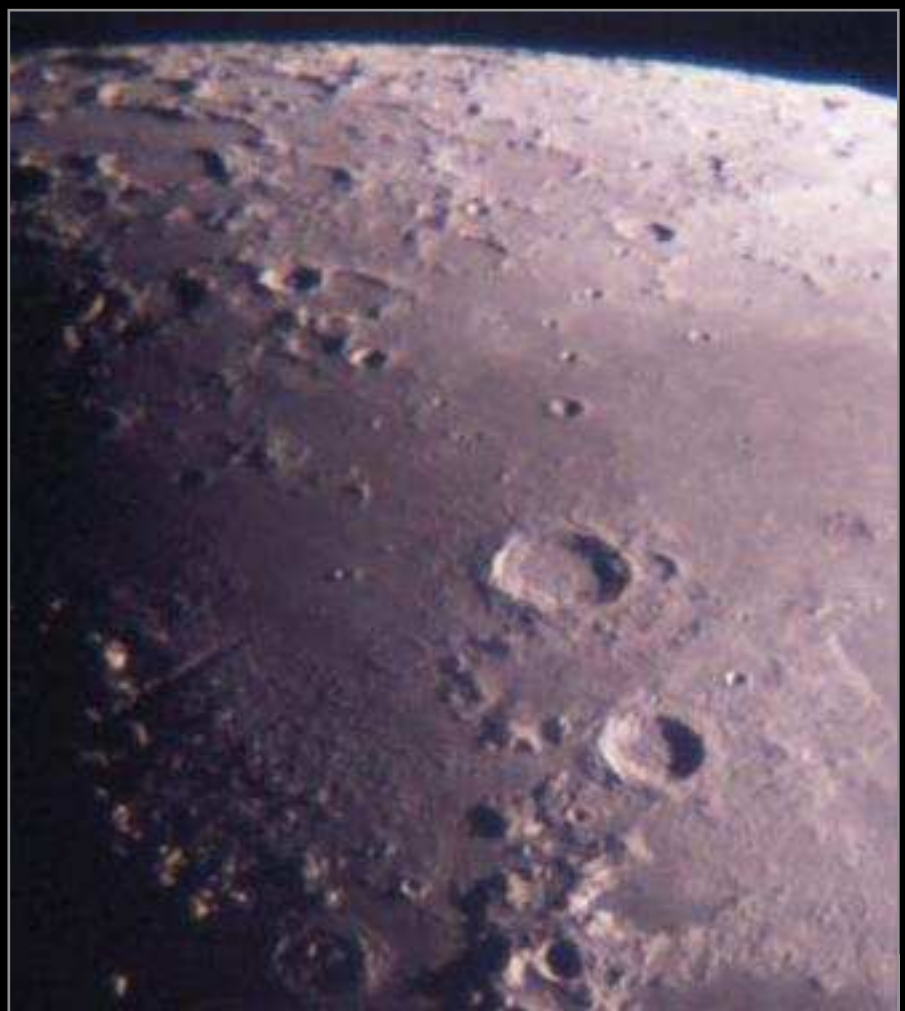
Mars im Anflug

Wie der Rote Planet zur Opposition hin immer größer erscheint, ist auf dieser Fotomontage gut zu sehen. Die Bilder wurden vom 18. April bis zum 27. August aufgenommen.

>> Jürgen Neusch

Galaxientanz

Der Reigen von M81 und M82 im Großen Bären wurde mit einem 120/600-Refraktor auf Fuji-Sensia-200-Diafilm zwanzig Minuten belichtet. >> Jörg Reinhold



Der Kaukasus

Ein Sieben-Zoll-Linsenfernrohr mit mehreren Telekonvertern der Volkssternwarte München holte dieses Detail der Mondoberfläche heran.
>> Nikolai Klassen

Sichtkontakt

Für viele Benutzer mittelgroßer Teleskope stellte sich der Rote Planet bei der Opposition so dar.

>> Michael Sauer

Der Rote Planet

Mit einer ToUCam Pro von Philips entstand diese Aufnahme des roten Leuchtens des Mars.

>> Martin Wagner

Deep-Sky

Herrlich viele Deep-Sky-Objekte findet man im Sternbild Schütze (siehe auch die Seiten 19, 42/43 und 69).

>> Georg Hofmann

Beide Hemisphären

Diese beiden Bilder des Mars sind mit einer ToUCam an einem Zehn-Zoll-Maksutov entstanden. Mit Registax und Photoshop wurden visuelle und Infrarotbilder überlagert.

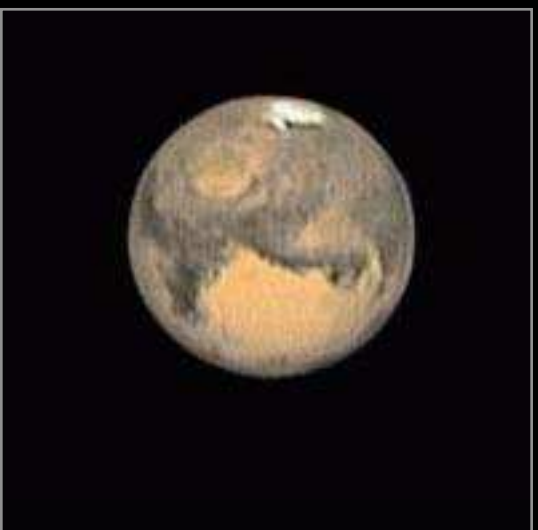
>> Team Baader

Durch die Wolken

Eine Nikon F3 mit einem 1,2/58-Millimeter-Objektiv fing diese stimmungsvolle Szene mit Mars in den Wolken am 14. August um 23.28 Uhr ein. >> Kersten Polzin

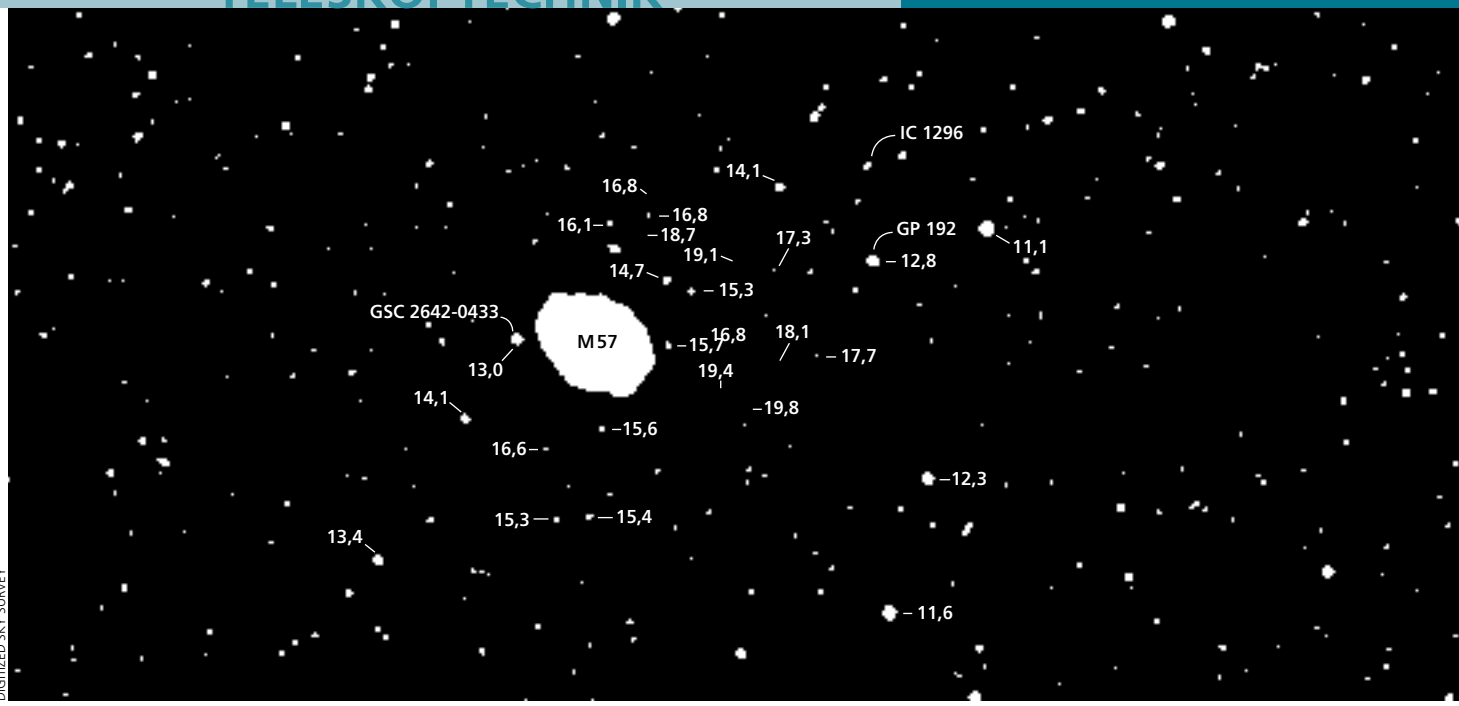
Mehr als 100 000 Sterne

Am 1. Juni nahm Martin Wagner den wohl bekanntesten Kugelsternhaufen M 13 mit einem Zehn-Zoll-Teleskop bei 26facher Vergrößerung auf. >> Martin Wagner



Machen Sie mit: Schicken Sie uns Ihre »Glanzlichter«.
Aus allen Einsendungen wählen wir die schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft.

Adresse:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40 • 69038 Heidelberg
E-Mail: ah@spektrum.com (Bitte hochaufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder zusenden!)



Welche Grenzgröße zeigt mein Teleskop?

Detaillierte fotometrische Messungen ergaben die Größenklassen, die auf dieser Karte angegeben sind. Die Sichtbedingungen und die Grenzgröße seines Teleskops kann ein Beobachter durch die Bestimmung der schwächsten gerade noch erkennbaren Sterne abschätzen (Norden ist oben).

Testen Sie die Leistung Ihres Teleskops – und Auges – mithilfe einer exakten Größenklassenskala von Sternen in der Umgebung des Ringnebels M 57 im Sternbild Leier.

>> Brian A. Skiff

Viele Deep-Sky-Beobachter versuchen, den Zentralstern des Ringnebels M 57 (RA $18^h53.6^m$, Dec 33°02′) in ihrem Teleskop zu erspähen. Bisherige fotometrische Messungen ergaben im visuellen Bereich des Spektrums für diesen die 15. Größenklasse. Er könnte aber auch ein bis drei zehntel Klassen schwächer sein. Nicht nur seine geringe Leuchtkraft, sondern auch der helle Hintergrund im Zentrum des Nebels erschweren die Beobachtung des Zentralsterns. Hierzu benötigen Sie ein Fernrohr mit einer Öffnung von mindestens zwanzig Zentimetern. Doch nicht nur die ausreichende Grenzhelligkeit des Teleskops, sondern auch eine hohe Vergrößerung (500fach) und ein sehr gutes Seeing (siehe Glossar S. 76) sind für eine erfolgreiche Sichtung notwendig. Der Versuch, den Zentralstern des Ringnebels zu erspähen, wirft die generelle Frage nach der visuellen Grenzgröße eines Teleskops auf. Wie tief kann ich mit meinem Instrument sehen? Eine schnelle und einfache Methode, dies herauszufinden, ist die Bestimmung der Helligkeit der schwächsten gerade noch sichtbaren Sterne. Die Abschätzung der Grenzgröße für eine bestimmte Nacht ist eine gute Methode, um die Fähigkeit des genauen Beobachtens zu trainieren. Doch benötigt man dafür die korrekten Sternhelligkeiten in einem bestimmten Himmelsareal.

Schon seit langem wollte ich die exakten Größenklassen der Sterne in der Nähe des Ringnebels bestimmen. Dieses Himmelsareal ist einfach zu finden und kann dazu dienen, bei verschiedenen Teleskopen, Vergrößerungen und Witterungsbedingungen die jeweils erreichbare Grenzgröße am Anfang einer Beobachtung zu bestimmen. Viele Sterne nahe dem Ringnebel besitzen eine vergleichbare Helligkeit wie der Zentralstern. Um sicherzugehen, dass man diesen tatsächlich erspäht hat, ist also die verlässliche Sichtung dieser oder leicht schwächerer Sterne nötig.

Zuverlässige Angaben über die Größenklassen der Sterne in der näheren Umgebung des Ringnebels findet man leider nicht so einfach in einem Sternkatalog. Viele Computerprogramme, die Sternkarten erstellen, verwenden den beliebten Guide Star Catalogue (GSC) des Hubble-Space-Teleskops als Datengrundlage. Doch auf die in diesem Katalog angegebenen Sternhelligkeiten ist kein hundertprozentiger Verlass, da sie anhand von Scans fotografischer Platten nur geschätzt wurden. Vergleicht man sie mit den Werten der üblichen visuel-

len (V) Helligkeiten, sind die Angaben des GSC in der direkten Umgebung von M57 im Schnitt um 0,5 bis 0,7 Größenklassen zu hoch. Ähnliche Probleme treten auch bei dem viel umfangreicheren Sternkatalog Usno-A2.0 auf. Folglich müssen die korrekten Größenklassen fotometrisch neu und genauer vermessen werden.

Zunächst begann ich selbst mithilfe eines kleinen Teleskops am Lowell Observatory einige Beobachtungen zu machen. Später fragte ich Arne Henden vom United States Naval Observatory (Usno) in Flagstaff, Arizona, ob er meine Messungen erweitern und vertiefen könnte.

Beobachtungen

Während zweier Nächte beobachtete er die nähere Umgebung des Ringnebels mit dem Usno-40-Zoll-Teleskop. Dadurch erfasste er wesentlich schwächere Objekte, als es mit dem kleinen Lowell-Teleskop möglich ist. Mit Ausnahme der allerhellsten Sterne habe ich also Hendens Ergebnisse für die Erstellung der vorliegenden Karte verwendet. Etliche Sterne wurden von uns beiden vermessen, und die Ergebnisse stimmen fast exakt überein. Die in der Karte mit ihrer jeweiligen Größenklasse versehenen Sterne stellen nur eine Auswahl dar. Sie liegen alle vorzugsweise in sternarmen Gegenden und decken den gesamten Bereich des Datensatzes ab, der ein Intervall von elf Größenklassen bis hinunter zur 20. Größe umfasst. Vom Ringnebel aus gesehen liegen die schwächsten Sterne alle im nordwestlichen Quadranten. Falls Sie die von Arne Henden erstellte gesamte Größenklassensequenz mit mehr als 700 Sternen sehen wollen, finden Sie sie online unter ftp://ftp.nofs.navy.mil/pub/outgoing/aah/sequence/m57.dat.

Führt man erstmals eine fotometrische Messung eines bestimmten Himmelsareals durch, in dem die Helligkeiten der darin enthaltenen Sterne nicht genau bekannt sind, so ist es immer sinnvoll, auf einige wichtige Einzelsterne besonders einzugehen. In einem Fernrohr mit einer Öffnung von 15 Zentimetern oder mehr ist der Stern GSC 2642-0433 am östlichen Rand des Nebels leicht zu erkennen. Die Helligkeit dieses Sterns wurde früher bis zur 11. Größe geschätzt, und er wurde sogar für einen Veränderlichen gehalten. Also habe ich über längere Zeit sorgfältige Messungen dieses Sterns durchgeführt und dabei die Hintergrundhelligkeit des Nebels, so gut ich konnte, berücksichtigt.

Die Ergebnisse für die visuelle Helligkeit liegen zwischen 13,02 und 13,05, was die normalen statistischen Abweichungen im Datensatz widerspiegelt. Die Helligkeitsmessungen von Arne Henden stimmen genau mit dem Durchschnitt meiner Ergebnisse überein, sodass man die Größenklasse dieses Sterns jetzt genau kennt. Die auf fotometrischem Weg ermittelte Farbe zeigt, dass GSC 2642-0433 ein G-Zwerg ist, der eine etwas höhere Oberflächentemperatur als unserer Sonne hat. Seine Entfernung beträgt etwa 1600 Lichtjahre.

Der erste hellere Stern, in westnordwestlicher Richtung vom Nebel, ist auf Bildern mit großem Abbildungsmaßstab als enger Doppelstern zu erkennen. Im Jahr 1985 wurde er von Georgije Popovic als solcher katalogisiert und GP 192 benannt. Seine Messungen ergaben eine scheinbare Entfernung der beiden Komponenten von 2,9 Bogensekunden bei einem Positionswinkel von 34 Grad. Diese Werte scheinen sich nicht zu ändern, wie ein Vergleich mit etwa hundert Jahre alten Fotoplatten zeigt. Die kombinierte Helligkeit beider Komponenten beträgt 12,85te Größe, die Einzelsterne sind also recht schwach. Daher braucht man große Teleskopöffnungen und Vergrößerungen, um sie visuell zu trennen.

Die nähere Umgebung

In der allernächsten Umgebung des Nebels gibt es viele schwache Feldsterne. Aus diesen habe ich mehrere ausgewählt und damit die seit langem bestehenden Unsicherheiten bezüglich ihrer Größenklassen endlich beseitigt. Da die Helligkeit dieser Sterne durch schwach leuchtendes Gas des Nebels unterschiedlich stark beeinflusst wird, mögen Hendens Ergebnisse nicht absolut sein, es sind jedoch die mit Abstand besten Werte. Verschiedene schwache, isolierte Sterne in etwas größerer Entfernung zu M57 vervollständigen die Liste. Darunter ist auch ein kleines Grüppchen in der Nähe der lichtschwachen Galaxie IC 1296.

Das Sternbild Leier finden Sie zurzeit während der Abendstunden hoch am Himmel in westlicher Richtung. Versuchen Sie doch mal, von einem dunklen Beobachtungsplatz aus den Ringnebel aufzuspüren, und prüfen Sie, wie tief Sie mit Ihrem Teleskop sehen können. <<

Brian A. Skiff ist Astronom am Lowell Observatory in Flagstaff, Arizona.

SEAN WALKER & JOHN BOUDREAU

Eines der Lieblingsobjekte von Deep-Sky-Beobachtern ist der Ringnebel M57 im Sternbild Leier. Obwohl der Zenteralstern in kleinen Fernrohren nur schwer zu erkennen ist, bieten sich die vielen Sterne in der näheren Umgebung dieses bekannten Objekts geradezu dafür an, die jeweilige Grenzgröße eines Teleskops schnell und einfach zu ermitteln.

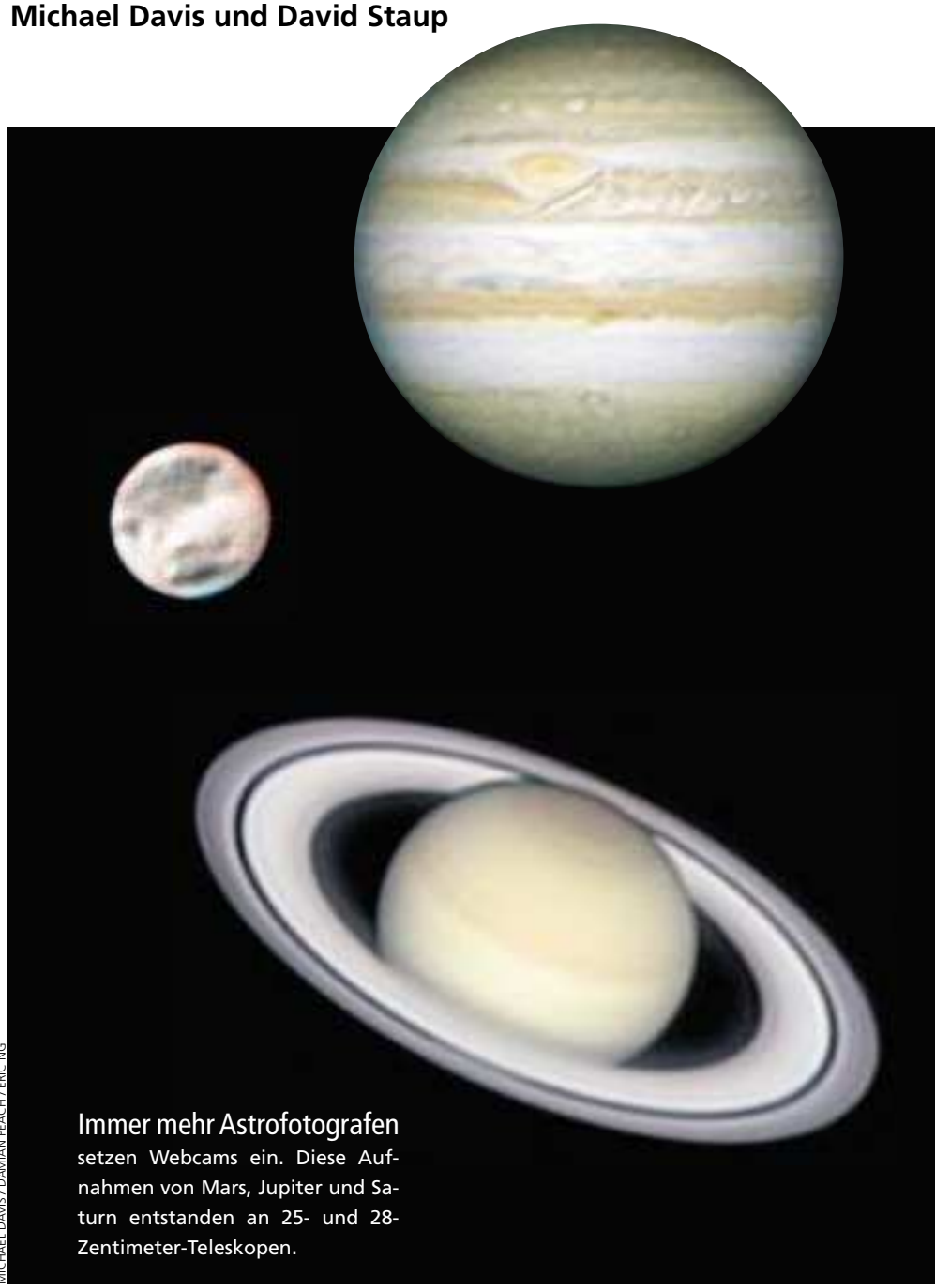
Mit Webcams Planeten fotografieren

Schon mit recht günstigen Webcams und einschlägigen Computerprogrammen sind tolle Planetenaufnahmen möglich.

>> Von Michael Davis und David Staup

Konventionelle Filme, CCD-Kameras, Digital- und Videokameras: Jahrelang waren sie die erste Wahl, wenn Hobbyastronomen Aufnahmen von Planeten machen wollten. Doch neuerdings setzen mehr und mehr Amateurbeobachter die billigeren Webcams dafür ein. Der Erfolg ist unbestritten: Die detaillierten Farbbilder sind teilweise sogar besser als die Aufnahmen von den teureren und technisch ausgereiften CCD-Kameras. So bevorzugen mittlerweile viele Astrofotografen die höher auflösenden Webcams, um qualitativ hochwertige Bilder von Mond und Planeten zu machen.

Eine Webcam ist eine kleine digitale Kamera, die Standbilder oder kurze Filmsequenzen über das Internet oder ein anderes Computernetzwerk schicken kann. Typischerweise steckt sie in einem kleinen Plastikgehäuse, wiegt nur einige hundert Gramm und ist per Kabel mit einem Computer verbunden. Meist verfügen Webcams über eine fest eingebaute



MICHAEL DAVIS / DAMIAN PEACH / ERIC NG

Immer mehr Astrofotografen setzen Webcams ein. Diese Aufnahmen von Mars, Jupiter und Saturn entstanden an 25- und 28-Zentimeter-Teleskopen.

GLOSSAR

Dunkelstrom wird der belichtungsunabhängige Strom auf der Oberfläche eines CCD-Chips genannt. Er hängt von der Umgebungstemperatur ab.

Das **Seeing** ist ein Maß für die Durchsichtigkeit beziehungsweise die Turbulenz der Atmosphäre.

Mit einer **adaptiven Optik** gleichen die Astronomen die Turbulenzen in der Luft aus.

Eine **Barlowlinse** an der Position des Okulars verlängert die Brennweite eines Teleskops.

THIERRY LEGAULT

Eines der besten Webcam-Bilder des Saturns machte der Franzose Thierry Legault mit einem Zwölf-Zoll-Schmidt-Cassegrain und dem Kameramodell Vesta Pro.

Linse, die für astronomische Zwecke allerdings entfernt werden muss, da sich sonst der Chip nicht direkt in den Fokus des Teleskops einbringen lässt. Ausführliche Anleitungen für den Umbau vieler Webcam-Modelle gibt es auf den unten genannten Webseiten. Dabei ist zu beachten, dass die Herstellergarantie erlischt, wenn man das Gerät verändert oder zerlegt. Mehrere Firmen bieten passende Adapter an, mit denen man Webcams an Fernrohre mit 1¼-Zoll-Okular-Adapter anschließen kann.

Nicht jede Webcam ist für Mond- und Planetenaufnahmen gleich gut geeignet. Auch wenn es schwer ist, vom Hersteller quantitative Leistungsdaten zu bekommen, so sind eine hohe Lichtempfindlichkeit und Auflösung, gute Farbtreue sowie ein niedriger Dunkelstrom (siehe Glossar) wünschenswerte Merkmale. Um mit einer Webcam eine brauchbare Aufnahme zu gewinnen, muss die Helligkeit des Bildes eine minimale Lichtintensität aufweisen. Sie wird in der Einheit »Lux« angegeben: Je kleiner dieser Wert bei einer Kamera ist, umso empfindlicher ist das Gerät.

Lichtempfindlichkeit

Die erste Generation von Webcams hatte eher schlechte Lux-Werte von zehn bis zwanzig, doch die meisten aktuellen Modelle sind bedeutend besser. Eine Faustregel lautet, dass Webcams mit weniger als einem Lux Empfindlichkeit sich am besten für die Astrofotografie eignen. Doch auch für diese Geräte gilt: Bevorzugen Sie helle Motive wie den Mond oder die Planeten. Denn selbst bei den leuchtstärksten Deep-Sky-Objekten liefern Webcams meist nur dürftige Resultate. Einige Kameras arbeiten mit einem CMOS-Detektor (complementary metal-oxide semiconductor) statt mit einem CCD-Chip (charge-coupled device). Zwar sind CMOS-Bausteine vergleichsweise billig in der Herstellung, sie erreichen aber nicht die Empfindlichkeit der meisten CCD-Chips. Selten liegen die Lux-Werte von CMOS-Kameras unter zwanzig. Nur die von Omnivision Technologies hergestellten neueren CMOS-Chips OV 7620 (Farbe) und OV 7120 (schwarz-weiß) liegen unter 2,5 beziehungsweise 0,5 Lux. Die CMOS-Technologie wird in den kommenden Jahren zweifellos verbessert werden, doch derzeit haben nur Webcams mit CCD-Technologie das Zeug für astronomische Anwendungen.

Zu den beliebtesten Webcams gehören die »Vesta Pro« und die »ToUCam Pro« von Philips sowie die »Home Connect« von 3Com. Die ToUCam Pro ist vor allem in Europa weit verbreitet; die beiden anderen Modelle werden leider nicht mehr hergestellt, sind aber als Gebrauchtmodelle bei Ebay oder Amazon immer noch erhältlich.

Und der Markt für Webcams entwickelt sich rasant. Ältere Modelle laufen aus, dafür kommen neue Kameras mit >

S&T

Webcams stecken meist in einem kleinen Plastikgehäuse und wiegen nur einige hundert Gramm. Die ToUCam Pro lässt sich leicht für den astronomischen Einsatz umrüsten: Man muss lediglich die Linse abschrauben und mit einem 1¼-Zoll-Adapter versehen. Der Anschluss an einen Computer erfolgt über die USB-Schnittstelle.

S&T

S&T

> mehr Funktionen in die Regale. Die Ausstattung und die technischen Daten der aktuellen Produkte kann man meist auf den Webseiten der Hersteller erfahren.

Bilder machen

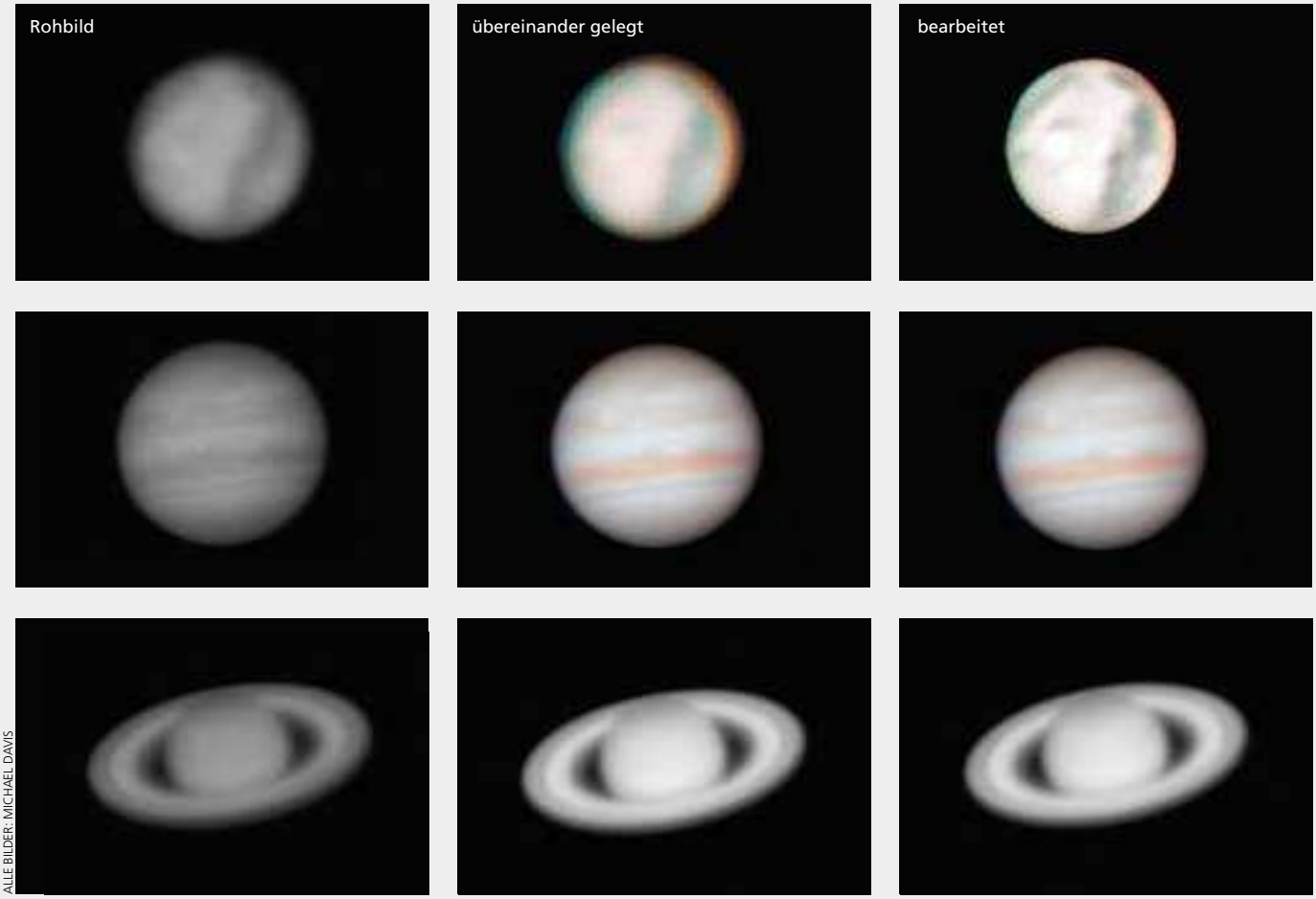
Für die Aufnahmen auf dieser Seite benutzte Michael Davis die »Home Connect«. Diese Kamera lässt sich für den astronomischen Einsatz leicht umrüsten. Ihre Linse und der integrierte Infrarotfilter, der für astronomische Aufnahmen eigentlich überflüssig ist, lassen sich einfach ausbauen. Sie kann Schwarz-Weiß-Bilder mit 8 Bit oder Farbaufnahmen mit 24 Bit bei einer bemerkenswerten Farbwiedergabe schießen. Bei einer Auflösung von 320×240 Pixeln haben Video-Streams eine Bildwiederholrate von dreißig Bildern pro Sekunde. Mit der Auflösung von 640×480 Pixeln sind es nur noch zwei bis drei Bilder pro Sekunde. Selbst bei dieser langsamen Rate lassen sich in weniger als zwei Minuten hunderte Einzelbilder machen. Im Gegensatz dazu schaffen die meisten astronomischen CCD-Kameras in dieser Zeitspanne nur wenige Bilder.

Zudem sind die meisten astronomischen CCD-Kameras Schwarz-Weiß-Geräte. Um ein Farbbild zu gewinnen, ist eine Reihe von Aufnahmen durch Farbfilter erforderlich, die häufig unterschiedliche Belichtungszeiten erfordern. Diese Filteraufnahmen werden später im Computer zu einem Farbkomposit zusammengefügt. Der Sensor einer Webcam dagegen ist mit einem Mosaik aus Farbfiltern überdeckt, wodurch sie gleich ein Farbbild liefert.

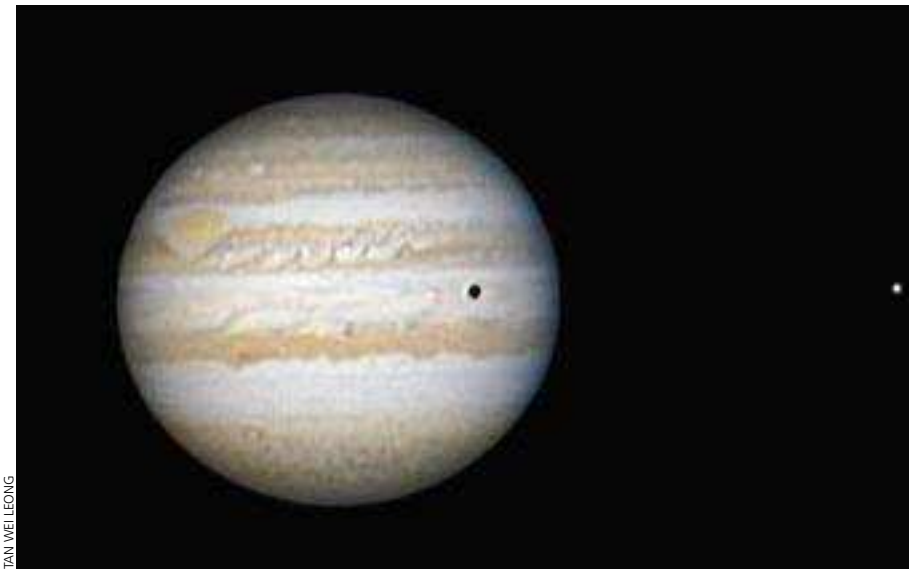
Weil den Webcams die bei astronomischen CCD-Kameras gängige thermoelektrische Kühlung fehlt, sehen einzelne Rohbilder sehr körnig aus. Der Beobachter kann jedoch die Qualität wesentlich verbessern, indem er eine große Zahl von Einzelbildern digital übereinander legt (»stacking«). Dies reduziert das Rauschen und andere Artefakte und glättet das resultierende Bild. Die manuelle Überlagerung dutzender Einzelbilder ist jedoch eine langweilige und Zeit raubende Aufgabe. Zum Glück gibt es kostenlose Software wie »Astrostack« oder »Registax«, die diesen Prozess automatisieren kann. Mit nur wenigen Mausklicks überlagern diese Programme Hunderte von Einzelbildern mit hoher Genauigkeit. Neben der Software gibt es auf den unten genannten Webseiten auch gute Anleitungen für Neulinge sowie für Experten.

Selbst bei Fernrohren mit perfekter Optik verwischen atmosphärische Turbulenzen Bilder bei hohen Vergrößerungen merklich. Ron Dantowitz, ein Pionier in Sachen Astrovideografie, begegnet diesem Problem, indem er nur die scharfen Einzelbilder addiert, die in den Momenten geringer Luftunruhe entstanden sind. Es ist ein bisschen wie im Lotteriespiel: Man behält nur die Lose mit den Gewinnen. Dantowitz nennt dieses Verfahren selektive Integration.

Die Qualität der Planetenaufnahmen lässt sich durch Überlagerung der schärfsten Rohbilder deutlich verbessern, da sich dadurch das Rauschen reduziert. Für das jeweilige Komposit (rechts) wurden 40 Einzelaufnahmen addiert.



ALLE BILDER: MICHAEL DAVIS



TAN WEI LEONG

Sehr feine Details zeichnen die mit Webcams aufgenommenen Jupiterbilder aus; auch durch die Galilei'schen Monde verursachte Ereignisse lassen sich mit dieser Technik gut dokumentieren. Dieses Bild entstand mit einem 250-Millimeter-Takahashi-Mewlon-Reflektor, in dem eine ToUCam mit einer Zweifach-Barlowlinse steckte.

Praktischerweise wählen viele der stackingfähigen Programme automatisch die scharfen Einzelaufnahmen aus und verwerfen die verschwommenen. Sie schaffen dies, indem sie die Bildinformationen messen und die Ergebnisse der Einzelbilder miteinander vergleichen. Scharfe Aufnahmen enthalten mehr Informationen als verschwommene. Abhängig vom Seeing (siehe Glossar) einer bestimmten Nacht kann der Nutzer die Anzahl der verworfenen Bilder selbst festlegen. In einer Nacht mit durchschnittlicher Luftunruhe bleibt so etwa die Hälfte der Aufnahmen unberücksichtigt. In Nächten mit guter Sicht sinkt dieser Wert auf zwanzig Prozent oder noch weniger.

Die Aufnahme schärfen

Seit mehr als einem Jahrzehnt nutzen Berufsastronomen teure adaptive Optiken (siehe Glossar) an ihren Teleskopen, um die Auswirkungen der atmosphärischen Turbulenz zu korrigieren. Die Entwickler von Stacking-Programmen haben den Hobbyastronomen gewissermaßen eine kostenlose adaptive Optik an die Hand gegeben, die erst bei der Nachbearbeitung ansetzt. Die Zeiten, in denen Astrofotografen für ein hervorragendes Bild viele Stunden am Computer damit verbrachten, Hunderte von Bilder peinlich genau anzuschauen, sind vorbei.

Der erste Schritt zu einer Webcam-Aufnahme ist die Positionierung des gewünschten Ziels im Fernrohr. Dazu stellt man das Objekt auf die Mitte eines Okularfadenkreuzes ein und ersetzt das Okular dann durch die Webcam. Diese ist typischerweise mit einer Barlowlinse (siehe Glossar) versehen, um den Bildmaßstab zu vergrößern. Dann sollte das Objekt, zum Beispiel ein Planet, irgendwo auf dem Computermonitor zu sehen sein. Mithilfe des Feintriebs des Teleskops lässt sich dieser dann zentrieren.

Doch der wichtigste Schritt ist das Scharfstellen. Fokussiert man eine astronomische CCD-Kamera, kann einen das schier zur Verzweiflung treiben, da nur alle paar Sekunden ein Bild möglich ist. Eine Webcam dagegen macht Dutzende von Aufnahmen, was frustrierende Wartezeit erspart.

Viele Einzelheiten

Die Planeten bieten eine Fülle an Details, die sich zum Scharfstellen eignen. Bei Jupiter können die Galilei'schen Monde oder deren Schatten zum Fokussieren benutzt werden. Bei Saturn ist der Kontrast der Oberflächenstrukturen recht gering, weshalb sich hier die Cassini'sche Teilung oder der Planetenschatten auf den Ringen als Fokussierhilfe empfiehlt. Außer in idealen Nächten werden die Bilder auf dem Monitor durch die Luftunruhe >

ANZEIGE

ERIC NG

Dunkle Strukturen sind auf dem Scheibchen (Durchmesser 1 Bogensekunde) von Io erkennbar (siehe Ausschnittsvergrößerung), während er an Jupiter vorbeizieht und seinen Schatten auf diesen wirft.

> immer wieder unscharf erscheinen. Um den Chip auf den genauen Fokus einzustellen, sollte man das Objekt auf dem Bildschirm verfolgen, während man das Teleskop scharf stellt. Die beste Einstellung ist dann erreicht, wenn möglichst feine Strukturen erkennbar sind. Hier lohnt sich ein Fokussiermotor wirklich. Sicherlich sind einige Anläufe notwendig, doch der gesamte Vorgang dürfte nicht länger dauern als einige Minuten. Sind feine Details zumindest flüchtig sichtbar, sieht man sie auch auf der fertig bearbeiteten Aufnahme.

Viele Computerprogramme lassen sich für die Bilddarstellung und -gewinnung nutzen. Darunter sind die im Internet frei erhältlichen Astrovideo, K3CCD-Tools, Vega und AVI-Edit. Letzteres ist sehr effektiv und benutzerfreundlich.

Obwohl die Einstellungen für Aufnahmen von Programm zu Programm etwas variieren, gelten folgende Faustregeln: Stellen Sie den Gamma-Wert auf ungefähr eins und den Weißabgleich auf »Auto«: Die Einstellungen für Helligkeit, Kontrast und Verstärkung stellen Sie auf mittlere Werte und passen sie so an, dass die Belichtungszeit möglichst klein (idealerweise eine Zehntelsekunde oder weniger) und damit das Rauschen so gering wie möglich wird. Bei der Wahl der Belichtungszeit sollten die hellsten Details der Aufnahme noch nicht überbelichtet sein. Es ist normal, dass die auf dem Monitor angezeigten Bilder dadurch sehr schwach aussehen.

Um die höchstmögliche Auflösung zu erhalten, sollten Sie den größten Bildmaßstab verwenden, den die Helligkeit des Objekts und die Empfindlichkeit der Webcam gerade noch zulassen. Im Allgemeinen arbeitet man also bei effektiven Öffnungsverhältnissen von f/20 bis f/40, die sich mit einer Barlowlinse an einem kurzbrennweitiges Schmidt-Cassegrain-Teleskop mit f/10 leicht erreichen lassen. Newton-Reflektoren erfordern dagegen eine Okularprojektion oder mehrere Barlowlinsen hintereinander.

Nachbearbeitung

Obwohl sich niedrig aufgelöste Webcam-Bilder (also mit 320×240 Pixel) mit einer Geschwindigkeit von bis zu drei Megabyte pro Sekunde über ein gewöhnliches USB-Kabel übertragen lassen, empfehlen wir, zwei oder drei Bilder pro Sekunde bei einer Auflösung von 640×480 Pixeln zu machen. Ein solches Farbbild ist fast 900 Kilobyte groß und liegt an der oberen Grenze, wenn man drei Bilder pro Sekunde ausliest. Bei dieser Rate bekommt man immer noch Hunderte von Einzelaufnahmen und hat zumindest bei Jupiter, Saturn oder Mars nicht mit dem Verschmieren der Bilder durch die Rotation des Planeten zu kämpfen.

Ein Bildverarbeitungsprogramm sortiert die unscharfen Bilder aus, legt die guten Aufnahmen passgenau übereinander und erzeugt so ein Komposit. Dann schlägt die Stunde der Bildverarbeitungswerkzeuge wie »unscharfe Masken« oder »Entfaltungs«-Algorithmen. So lässt sich die Aufnahme weiter verbessern. Das Fotografieren mit Webcams ist recht einfach. Doch der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Zeit und der Mühe, die man für die Bearbeitung am Computer investiert. In Organisationen wie QCUIAG (die Quickcam and Unconventional Imaging Astronomy Group) arbeiten Amateure weltweit zusammen, um die Leistung von Webcams zu verbessern. Ein Beispiel dafür ist der Einbau thermoelektrischer Kühlungen, um das Rauschen zu minimieren.

Langsam gewinnt die hochauflösende Fotografie von Mond und Planeten mit Webcams richtig an Fahrt. Viele altgediente und auf das Sonnensystem spezialisierte Astrofotografen wie der Franzose Thierry Legault bereichern die schnell wachsende Gemeinde der Webcam-Fotografen. Eric Wai-Kin Ng aus Hongkong (siehe AH Juli/August 2003, S. 60), Tan Wei Leong aus Singapur und Damian Peach von den Kanarischen Inseln haben sich in Kürze zu Meistern der Planetenfotografie mit ihren ToUCams entwickelt. <<

Michael Davis ist Arzt, **David Staup** Elektronik-Ingenieur. Beide leben in Texas. Sie können mehr Webcam-Bilder von ihnen bei www.texasnights.org und http://users3.ev1.net/~dstaup anschauen.

Weblinks

Freeware Bildbearbeitung:
Astrovideo: http://astrosnap.free.fr/index_uk.html
K3CCD-Tools: www.pk3.org/Astro
Vega: www.ncare.co.uk/qc
AVI-Edit: www.am-soft.ru/aviedit.html
Astrostack: www.astrostack.com
Registax: http://aberrator.astronomy.net/registax
Umbauanleitungen:
QCUIAG: www.qcuiag.co.uk
Astrocam: www.astrocam.org

NEUHEITEN

Der Astro-Markt im Herbst: vierzehn neue Linsen- und Spiegelteleskope, ein Riesenfernglas zur Marsbeobachtung sowie eine völlig neuartige Go-to-Montierung.

Lückenfüller

Neue Refraktoren

Seit kurzem bietet der Teleskop-Service Ransburg eine neue Refraktorserie an, die die Lücke zwischen billigen Linsenteleskopen und Geräten der obere Preisklasse schließen soll. Erste Testberichte bescheinigen den Fernrohren mit Öffnungen zwischen 102 und 150 Millimetern eine gehobene Qualität. Die Geräte gibt es als optische Tuben und komplett auf verschiedenen Montierungen. Preis: ab 345,– €
www.teleskop-service.de

Deep-Sky-Wunder

WS 20mm-Okular

Lange mussten sich Deep-Sky-Fans in Geduld üben, doch jetzt ist es da: das Wide-Scan 20-Millimeter-Okular. Stellen Sie sich ein Okular vor in der Größe eines 40-mm-Plössl, jedoch mit einem sagenhaften Bildfeld von 84 Grad. Dennoch ist es mit einer Gesamthöhe von 99 Millimetern und einem Gewicht von nur 180 Gramm sehr kompakt. Steckmaß: 1 1/4´´. Preis: 195,– €
www.apm-telescopes.de

Sphinx

Vixens neue Go-to-Montierung

Ein vollkommen neues, intuitives Navigationssystem in Verbindung mit einer ausgereiften Go-to-Montierung hat die Firma Vixen vor kurzem vorgestellt. Der Clou der neuen Sphinx-Montierung ist der zum Patent angemeldete Teleskopcomputer »StarBook«. Weltweit erstmalig kann sich der Nutzer das Objekt seiner Wahl hier auf einem knapp zwölf Zentimeter großen Display anzeigen lassen. Preis: ab 1839,– €
www.vixen-europe.com

Großfernglas

APM-100mm-Binokular

Ein neues Hochleistungsfernglas mit Wechselokularen und einem bequemen 45-Grad-Einblick bringt die Firma APM Telescopes auf den Markt. Der Achromat mit zwei multivergüteten Objektiven von je 100 Millimeter Durchmesser besitzt verschiebbare Alutaukappen und einen abnehmbaren Handtragegriff. Für ruhiges Beobachten sorgt ein integrierter Fotostativadapter mit Gewindeanschluss. Ein Alutransportkoffer sowie zwei Okularsets (20- und 40fach) sind im Preis von 1499,– € inbegriffen.
www.apm-telescopes.de

Leichtbau-Newtons aus England

Orion-Spiegelteleskope

Neuerdings liegt der Generalvertrieb des englischen Teleskopherstellers »Orion-UK« für Mitteleuropa und Frankreich in den Händen des Münchner Teleskop-Services Ransburg. Neben hochwertigen Maksutov-Cassegrains stellt Orion-UK sehr gute Leichtbau-Newtons bis 400 Millimeter Öffnung her. Dahinter steckt eine einfache Idee: relativ große Öffnung für wenig Geld. Auf Grund des geringen Eigengewichts können kleine, transportable und daher billige Montierungen verwendet werden. Preis: ab 498,– €
www.teleskop-service.de

Der Rote Planet im Netz

Mars steht seit seiner Opposition im Brennpunkt des Interesses. Aber welche Internetseiten versorgen uns mit aktuellen Informationen? **>> Oliver Dreissigacker**

Unterwegs zum Roten Planeten **heißt das Mars-Special des Magazins Stern.**

Fast auf jeder Website, die sich mit astronomischen Themen beschäftigt, findet man auch Daten und Fakten über unseren Nachbarplaneten. Doch wo findet der interessierte Leser Hintergrundinformationen zum Roten Planeten und Wissenswertes über die derzeit laufenden Weltraummissionen?

Einen guten Einstieg bietet das Hamburger Nachrichtenmagazin Stern im Rahmen eines Wissenschafts-Specials. Gut ein dutzend Artikel erläutern die Fragen, die die Forscher zu klären versuchen. Abgerundet wird das Thema mit einer ausführlichen Bildergalerie und einem Multiple-Choice-Quiz aus 15 Fragen wie: »Welche Sonde landete als erste erfolgreich auf dem Mars: Mariner-4, Mars-3 oder Viking-1?« Wissen Sie es?

Auch unsere Kollegen von Wissenschaft Online warten mit einem Mars-Special auf, das Querverweise auf die aktuelle Berichterstattung enthält. Sehenswert sind sicherlich die Einsendungen zum Bilderwettbewerb mit Fotos, Zeichnungen und sogar Bastelarbeiten.

Der Internetauftritt der DLR ist die offizielle Quelle für Informationen über Mars Express. Die URL esa.de der europäischen Raumfahrtbehörde führt hingegen zu einem allgemeinen Nachrichtenportal. Die eigentlichen Seiten zur Mission sind nur in englischer Sprache verfasst – ebenso natürlich die Seiten der Nasa zu den amerikanischen Mars Exploration Rovern »Spirit« und »Opportunity«. Während die marssociety.de vergangene, laufende und zukünftige Projekte auf einer anklickbaren Zeitleiste präsentiert, erweist sich raumfahrer.net als Geheimtipp: Hier finden Sie nicht nur ausführliche Beschreibungen der Sonden und ihrer wissenschaftlichen Ziele, sondern auch aktuelle Statusberichte und interaktive Grafiken der Positionen aller Raumfahrzeuge während des Flugs. <<

Raumfahrer.net **(links) ist die Seite des gleichnamigen Berliner Vereins, gegen die manche Profiseite blass aussieht. Die DLR bietet die offizielle Seite zur Mars-Express-Mission auf Deutsch an (rechts).**

Oliver Dreissigacker war für die Leser von ASTRONOMIE HEUTE zum Start von Mars Express im Esoc und freut sich auf die weihnachtliche Landung.

Weblinks

www.stern.de/wissenschaft/natur/index.html?id=508541&nv=cp_L1_as • www.wissenschaft-online.de/mars
www.dlr.de/dlr/Raumfahrt/Missionen/marsexpress
www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/
http://mars.jpl.nasa.gov/mer/ • www.marssociety.de
www.raumfahrer.net/raumfahrt/marsrover2003/

Eye & Telescope

Gut geplant ist halb beobachtet

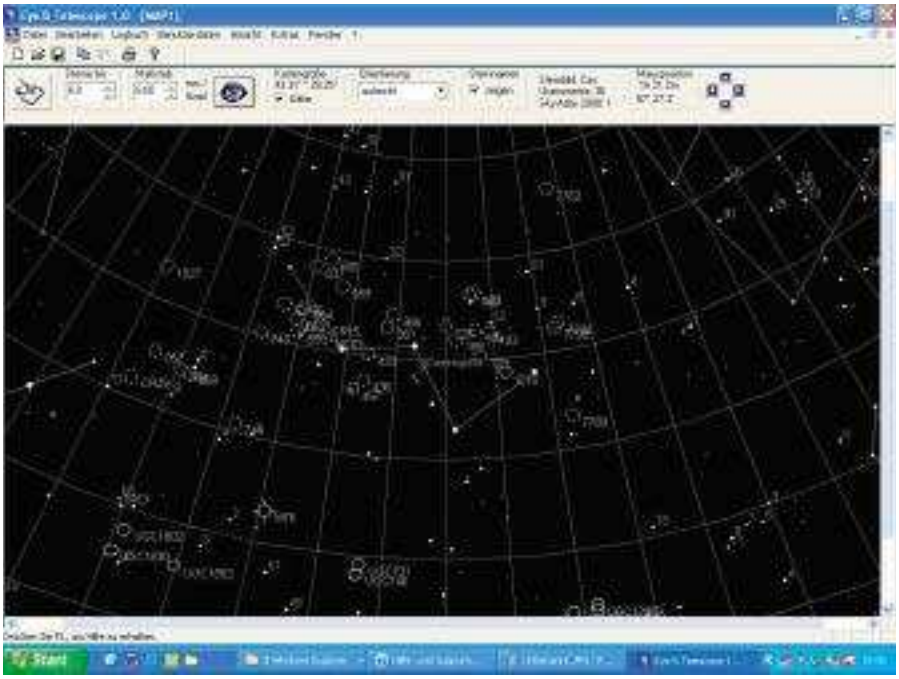
Ein einheimisches Planetariumsprogramm bietet viele hilfreiche Werkzeuge zur Vor- und Nachbereitung von Himmelsbeobachtungen.

>> Von Peter Strub

So ziemlich jeder Amateurastronom kennt die Prozedur: Kaum verspricht der tiefblaue Abendhimmel eine gute Beobachtungsnacht werden Atlanten und Kataloge rausgekramt und die Suche nach viel versprechenden Zielen fängt an. Aber welche Objekte lohnen sich, wenn der Himmel doch nicht so perfekt ist, wie man ihn sich erträumt hat? Soll man eine halbe Stunde lang ein bestimmtes Objekt am Himmel suchen, nur um dann festzustellen, dass die Position zwar stimmt, aber keine Spur des erhofften Nebelfleckens zu sehen ist? Oder ist bei besonders klarem Wetter die ferne Galaxie, die man noch nie gefunden hat, vielleicht doch einen Versuch wert?

Auf all diese Fragen bietet die deutsche Software »Eye & Telescope« gute Lösungen. Programmautor Thomas Pfleger hat das Konzept der »Kontrastreserve« für den beobachtenden Hobbyastronomen entwickelt. Wie gut man eine Galaxie oder einen Nebel durch das Teleskop erkennen kann, hängt nicht allein davon ab, wie viel Licht des Objekts im Auge des Beobachters ankommt. Der Kontrast zwischen Objekt und Himmel spielt eine mindestens ebenso große Rolle. Die so genannte Kontrastreserve ist eine Zahl, die eine klare Auskunft darüber gibt, wie gut man ein Himmelsobjekt wahrnehmen kann.

Ohne ausreichende Erfahrung war es oft ein Glücksspiel, aus den Katalogangaben über Durchmesser, Gesamthelligkeit und Flächenhelligkeit eines Objekts eine verlässliche Abschätzung des Eindrucks im Okular gewinnen zu wollen. Dies ist nun vorbei.

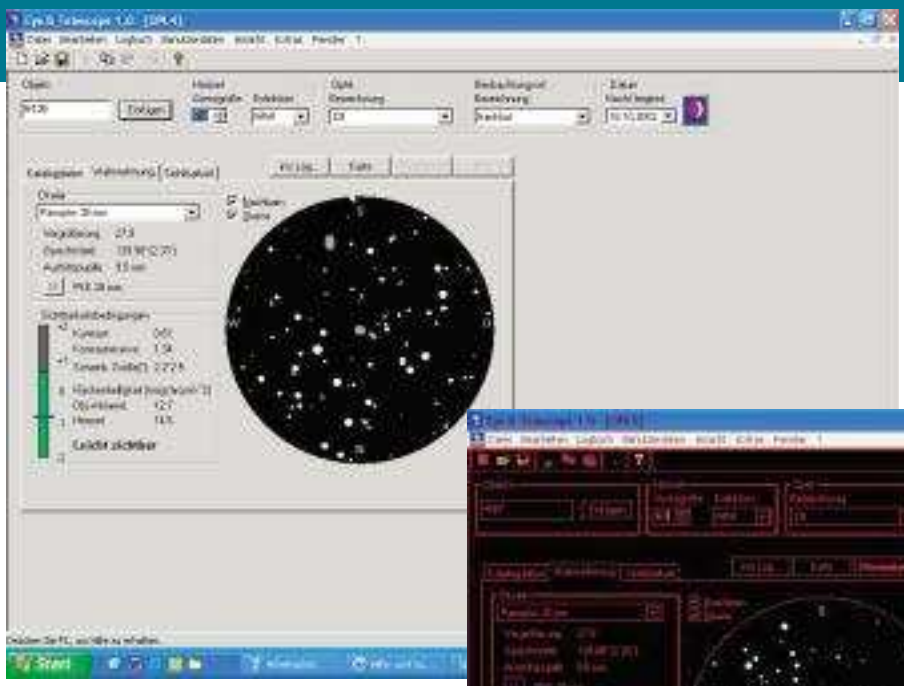


Beobachtungen planen

Wie ein roter Faden zieht sich der Begriff der Kontrastreserve durch das ganze Programm – was die Zielsetzung als universelles Werkzeug für den Deep-Sky-Beobachter erfüllt. Eye & Telescope unterstützt den Sternfreund bei fast allem, was zur Vor- und Nachbereitung einer Beobachtungsnacht dazugehört. Zuallererst muss man natürlich einige Angaben zu den eigenen Sichtbedingungen machen. Dazu gehört der Ort, aber auch Typ und visuelle Grenzgröße des Teleskops, die für die Berechnung der Kontrastreserve entscheidend sind, sowie die verwendeten Okulare und das Datum der Nacht.

Am Anfang jeder Planung steht die Frage: Was soll beobachtet werden? Bei einer Auswahl von über 120 000 Deep-Sky-Objekten fällt die Antwort nicht leicht, und so ist es hier ratsam, die Filterfunktionen zu nutzen, mit denen Eye & Telescope die Anzahl potenzieller Ziele einschränkt. So lassen sich etwa alle Sternhaufen im Sternbild Kassiopeia finden, die laut Kontrastreserve unter

Lohnende Deep-Sky-Objekte sind in der Überblicksansicht leicht zu finden. Dank Kontrastreserve wird nur das angezeigt, was am Himmel tatsächlich sichtbar ist.



Nachts sind alle Katzen grau, die Anzeige von Eye & Telescope hingegen ist rot. So bleibt bei Beobachtungen mit Notebook-Unterstützung die Anpassung des Auges an die Dunkelheit erhalten.

bestimmten Bedingungen gut sichtbar sind.

Diese werden in einen Beobachtungsplan übernommen, aus dem man auswählen kann, welche man in der folgenden Nacht betrachten möchte. Es stehen dem Nutzer dabei viele verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um sich die gewünschten Informationen darstellen zu lassen. Man kann zum Beispiel die momentane Sichtbarkeit eines Ziels innerhalb einer Ganzhimmelsansicht aufrufen oder sich in einer anderen Ansicht das Feld des ausgewählten Okulars mit dem entsprechend eingezeichneten Objekt inmitten von Sternen anzeigen lassen. Besonders praktisch ist die Funktion, die Ziele gemäß ihrer besten Sichtbarkeit in einen Zeitplan einordnet. Dabei darf man sich aber nicht davon verwirren lassen, dass auch der Einfluss des Monds auf die Beobachtbarkeit berücksichtigt wird. Es hat mich einmal sehr erstaunt, dass alle Objekte in einem Zeitraum von nur drei Minuten am besten zu beobachten sein sollten. Doch war das genau in der Zeit zwischen Ende der Dämmerung und Mondaufgang!

Um den nächtlichen Himmel erfolgreich zu erkunden, sollte man auch wissen, wo man suchen muss. Dabei hilft die Kartenansicht. Leider können die Ziele aus einem Beobachtungsplan nur einzeln in diese übernommen werden. An den gedruckten Karten gibt es nichts auszusetzen und bei einer Grenzgröße von mehr als 12. Größe reicht die Druckqualität in vielen Fällen auch noch, um Sucherkarten zu erstellen. Allerdings ist es in der programmeigenen Darstellung nicht möglich, Informationen über die gezeigten Sterne zu erhalten. In der Bildschirmansicht sind die schwachen Sterne für meinen persönlichen Geschmack allerdings etwas zu dick geraten. Man sieht so den Wald vor lauter Bäumen nicht. Schön wäre auch die Möglichkeit, in der Übersichtskarte den Okulardurchmesser einzeichnen zu können. Gerade beim »Starhopping« wäre das sehr hilfreich.

Nach getaner Arbeit am Teleskop bietet Eye & Telescope die Möglichkeit, Beobachtungsprotokolle in einem Logbuch zu erfassen. Solange man dabei auf Handzeichnungen verzichten kann – eine durchaus praktische Lösung.

Eye & Telescope hinterlässt einen guten Gesamteindruck, allerdings mit einer kleinen Einschränkung – der Installation. Hier hat sich der Programmautor für ein Verfahren entschieden, bei dem eine installierte Version ohne Registrierung per Internet nicht lauffähig ist. Ein Aufspielen auf mehrere eigene Rechner ist dabei nicht möglich, ohne eine Doppellizenz zu kaufen. Allerdings ist für die nächste Programmversion 2.0 ein anderes, benutzerfreundlicheres Lizenzierungsverfahren in Planung.

Alles in allem handelt es sich bei Eye & Telescope um ein Programm, das den Bedarf rund ums Beobachten großzügig abdeckt. Wer jedoch primär einen Sternatlas erwartet, wird enttäuscht. Der Kartendruck selbst liefert zwar ordentliche Ergebnisse, allerdings vermisst man gegenüber anderen Programmen einige Ausstattungsmerkmale. Dafür bietet Eye & Telescope spezielle Funktionen, die bei der Verwaltung von Beobachtungsvorbereitungen helfen und gerade dank der Kontrastreserve sehr praxisnahe Empfehlungen geben können. <<

Eye & Telescope

Preis: 69,– €
Vertrieb: Oculum Verlag Ronald Stoyan, Erlangen; www.oculum.de
Systemanforderungen: Win95 oder höher, 32MB RAM, 120MB Festplattenplatz, Grafik mit mindestens 1024 x 768 Bildpunkten bei 256 Farben

Peter Strub ist Doktorand an der Landessternwarte in Heidelberg.

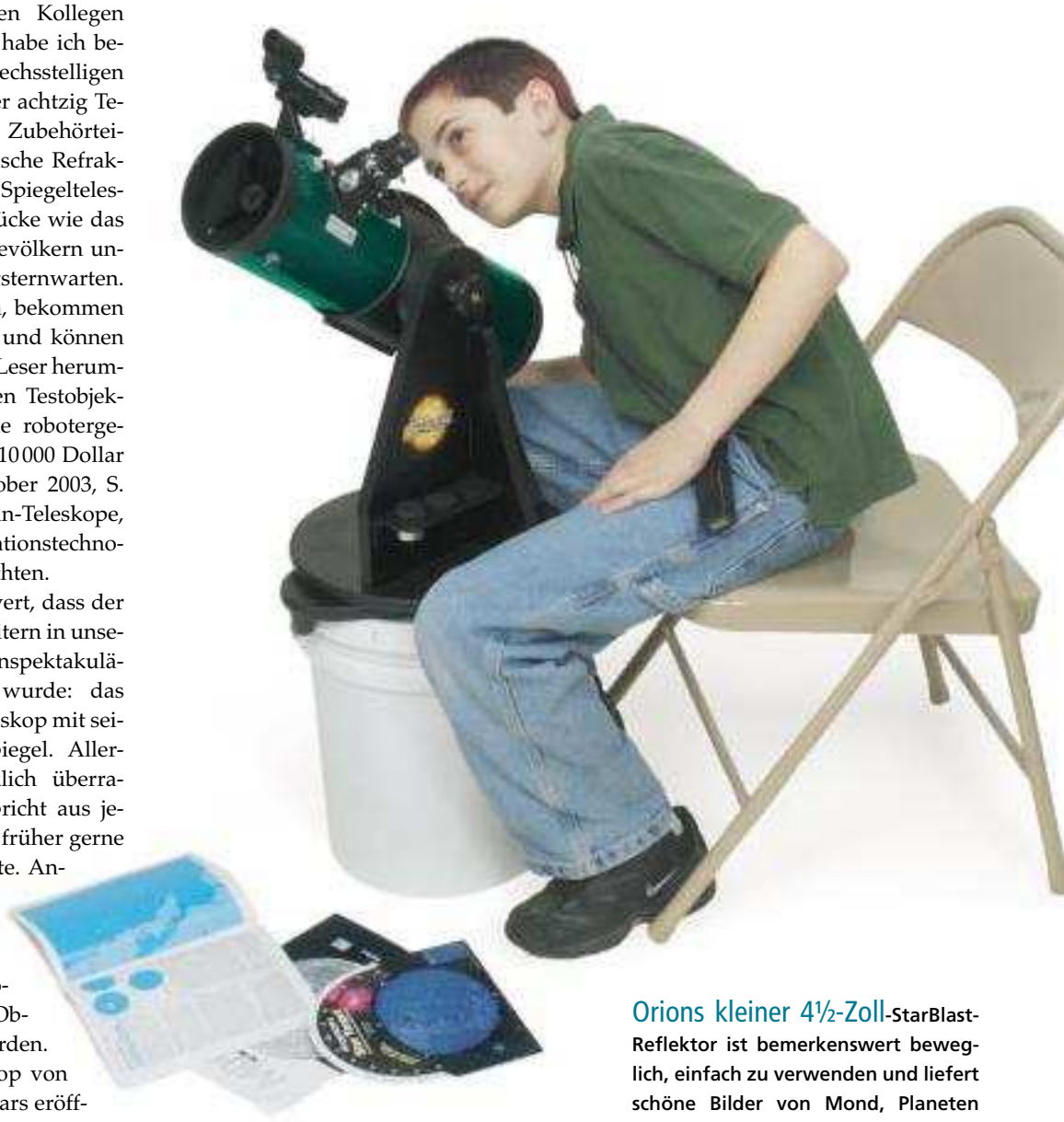
Ein Lichtblick für Einsteiger

Dieses superkompakte Dobson-Teleskop bietet Vorteile, die größere und teurere Geräte vermissen lassen.

>> Joshua Roth

Zusammen mit meinen Kollegen von Sky & Telescope habe ich bestimmt schon einen sechsstelligen Betrag ausgegeben, um über achtzig Teleskope und Hunderte von Zubehörteilen zu testen. Apochromatische Refraktoren, computergesteuerte Spiegelteleskope und sogar Sammlerstücke wie das Quantum oder das Clark bevölkern unsere Wohnräume und Privatsternwarten. Was wir nicht selbst kaufen, bekommen wir zur Verfügung gestellt und können damit zum Nutzen unserer Leser herumspielen. Unter den aktuellen Testobjekten finden sich völlig neue robotergesteuerte Montierungen für 10000 Dollar (siehe AH September/Oktober 2003, S. 80) und Schmidt-Cassegrain-Teleskope, die sich mittels der Navigationstechnologie GPS von alleine ausrichten.

Daher ist es bemerkenswert, dass der größte Auflauf von Mitarbeitern in unserem Büro durch ein eher unspektakuläres Testgerät verursacht wurde: das kompakte Dobson-Tischteleskop mit seinem winzigen 4½-Zoll-Spiegel. Allerdings ist dies nicht wirklich überraschend. Denn einerseits spricht aus jedem von uns das Kind, das früher gerne so ein Teleskop gehabt hätte. Andererseits freuen wir uns immer, wenn wir erschwingliche Geräte sehen, mit denen erste Beobachtungen himmlischer Objekte optimal unterstützt werden. Das StarBlast-Spiegelteleskop von Orion Telescopes & Binoculars eröffnet in dieser Hinsicht ganz neue Mög-



Orions kleiner 4½-Zoll-StarBlast-Reflektor ist bemerkenswert beweglich, einfach zu verwenden und liefert schöne Bilder von Mond, Planeten und vielem mehr.

ALLE PRODUKTFOTOS FOTOGRAFIERT VON CRAIG MICHAEL UTTER

Die Hauptspiegelzelle hat drei Schraubenpaare zum Justieren. In der Regel müssen nur die größeren, federgelagerten Schrauben verstellt werden. Der kurze Fernrohrtubus erlaubt es dem Benutzer, während des Justierens die ganze Zeit in den Okularauszug zu blicken.

lichkeiten und ist mit einem Preis von 260 Euro eine echtes Schnäppchen, auch wenn es sicherlich nicht perfekt ist.

Ein Purist mag argumentieren, dass die altazimutale Montierung des StarBlast vom traditionellen Dobson-Design abweicht, doch teilt sie mit diesem die Einfachheit, Stabilität und Benutzerfreundlichkeit. Die Montierung verfügt über moderne Teflon-auf-Laminat-Lager für die Azimut- (links-rechts) und die Höhenachse (auf-ab). Wenn das Objekt anvisiert ist, kann die Höhenachse leicht mit einem großen Drehknopf, der auf ein Kugellager drückt, arretiert werden – eine sehr praktische Lösung.

Fantastische Montierung

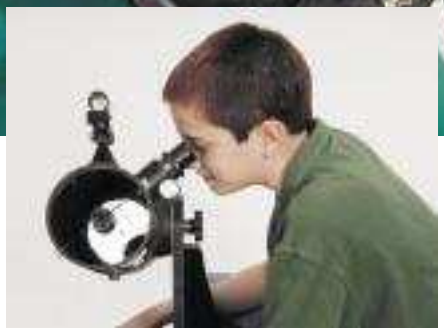
Die Achillesferse der meisten billigen Teleskope ist eine wackelige Montierung, die das Beobachten beim kleinsten Luftzug oder bei jeder Berührung des Okularauszugs fast unmöglich macht. Nicht so das StarBlast. Ich habe es in windigen Nächten verwendet und beim Beobachten regelmäßig die Okulare getauscht, ohne je mein Himmelsobjekt aus den Augen zu verlieren. Einziges Manko: Die dreieckige Bodenplatte des Fernrohrs muss fest auf einen stabilen Tisch oder einen anderen massiven Unterbau gestellt werden, da das Teleskop zu klein ist, um es zu benutzten, wenn es direkt auf dem Boden steht. Ich führte meine Tests mit einem StarBlast durch, das auf einem alten mit Sand gefüllten Zwanzig-Liter-Farbeimer saß. Aber wenn Sie meinem Beispiel folgen, prüfen Sie bitte sorgfältig den Verschluss des Eimers!

Das StarBlast kann zur Nachführung nicht motorisiert werden. Dadurch ist es für freihändige Beobachtung bei starker Vergrößerung und die meisten Arten der Astrofotografie ungeeignet. Doch selbst bei 75facher Vergrößerung ist mit dem StarBlast-Sechs-Millimeter-Okular die Handführung bei der Beobachtung von Mond, Planeten und Doppelsternen eine leichte Sache. Auch Anfänger sollten damit keine Mühe haben, sobald sie sich daran gewöhnt haben, dass die Bilder, wie in jedem Newton-Reflektor, auf dem Kopf stehen. Die ruckfreie Bewegung des StarBlast ist im Vergleich zu anderen Geräte dieser Preisklasse besonders eindrucksvoll. Gegenüber den üblichen altazimutalen Montierungen, bei denen die Höhe über Gewindestangen eingestellt wird und die über zu kleine und wackelige Azimutachsen verfügen, war das StarBlast sehr einfach über den Himmel zu bewegen. Auch verglichen mit einem kurzbrennweitigen Refraktor auf einem Fotostativ war es angenehmer, mit dem StarBlast zu beobachten.

Vermutlich hat Orion deshalb einen 4½-Zoll-f/4-Hauptspiegel gewählt, weil dieser bei geringen Vergrößerungen ein ziemlich großes Gesichtsfeld abbildet. Mit dem mitgelieferten 17-Millimeter-Okular (26fache Vergrößerung) zeigt das StarBlast ein 1,8 Grad großes Gesichtsfeld. Ein zusätzlich erhältliches Okular mit einer 27-Millimeter-Feldblende ergibt fast 3,5 Grad – damit können die Plejaden als auch das Schwert des Orions als Ganzes betrachtet werden. Das 1,8-Grad-Gesichtsfeld des StarBlast ist gerade groß genug, um von einem hellen Stern zu nahe liegenden schwer erkennbaren Objekten zu gelangen, wie Nebel, Galaxien oder Sternhaufen, die in einem Himmelsatlas wie dem SkyAtlas 2000.0 erwähnt sind.

Das StarBlast hat einen annehmbaren, wenn auch unspektakulären parabolischen Hauptspiegel. Die von ihm gelieferten Bilder sind trotzdem um Lichtjahre besser als jene, die wir drei Jahre zuvor >

Im Lieferumfang enthalten ist ein ausführliches Bedienungshandbuch, zwei Okulare, eine Leuchtpunkt-Peileinrichtung und die Basisversion der Planetariumssoftware »The Sky« für Windows.



Komfort ist Trumpf. Da sich der optische Tubus einfach drehen lässt, kann man am StarBlast leicht eine bequeme Position einnehmen.

Der flache Okularauszug (großes Bild) hält die 1¼-Zoll-Okulare mit zwei Rändelschrauben. Wenn das Innenrohr des Okularauszugs aufliegt, muss der Benutzer allerdings aufpassen: Weiterdrehen kann die Plastikzahnstange beschädigen. Die Tragegriffe des StarBlast sind zwar handlich, aber die Okulare könnten dabei aus der Halterung fallen. Besser ist es, die Gesamtkonstruktion mit festem Griff vor sich zu tragen, wie im Bild rechts oben.

> mit einem 4½-Zoll-Reflektor mit kugelförmigem Hauptspiegel erhalten haben. Der Hauptspiegel unseres Testgeräts hat keine vollkommene Parabelform: Optiktests zeigen wechselnde Zonen von Unter- und Überkorrektur. Aber ein Kollege kaufte privat ein anderes StarBlast, dessen Spiegel besser war als bei unserem Testgerät.

Spiegelkabinett

Die Bildqualität bleibt ziemlich gut bis zu ungefähr hundertfacher Vergrößerung, die ich mit einem zusätzlich angebotenen Neun-Millimeter-Orion-Sirius-Plössl-Okular und einer Celestron-Ultima-Zweifach-Barlowlinse erreicht habe. So ist es möglich, die Cassini'sche Teilung der Saturnringe sowie mehrere eng stehende Doppelsterne (Gamma Leonis, Lambda Orionis und Kastor in den Zwillingen) sauber aufzulösen. Während das StarBlast bei solchen mittleren Vergrößerungen recht gute Bilder von Jupiter und Saturn liefert, lässt die Schärfe darüber merklich nach. Einzelne Eigenschaften des Geräts bestätigen meinen guten Eindruck am Okular. Die Fokussierung ist mit dem überraschend weich laufenden Okularauszug mit Zahnstangenantrieb zuverlässig und sehr exakt. Das vierstrebige Haltekreuz, das den Fangspiegel trägt, hat recht dünne Streben (0,5 Millimeter). Deshalb sind die von Jupiter, Saturn und hellen Sternen ausgehenden Beugungsspitzen so gut zu sehen, wie ich es noch nie bei einem serienmäßig produzierten Reflektor erlebt habe. Die einfache, aber robuste Plastikspiegelzelle verspannt den Hauptspiegel nicht und während der Tests war keinerlei Astigmatismus erkennbar, auch nicht bei Temperaturen von unter –10 Grad Celsius, die während meiner Beobachtungen herrschten. Der Fangspiegel des StarBlast ist gerade groß genug, um die Mitte der Brennebene völlig auszuleuchten, und war richtig positioniert (tatsächlich waren beide Spiegel bei Anlieferung unseres Teleskops nahezu perfekt kollimiert). Die zwei normalerweise mitgelieferten Okulare der Orion-Explorer-II-Serie überzeugen mit passablen Antireflexionsschichten, die unerwünschte Lichtreflexe und Geisterbilder unterdrücken.

Einfacher Zusammenbau

Als ich das Gerät aufbaute, drehte ich den Fernrohrtubus so, dass es der Darstellung auf dem Deckblatt der Bedienungsanleitung entsprach. Als Nächstes brachte ich den Reflexsucher »EZ-Finder-II« an, der einen roten Punkt auf eine halbtransparente Mattscheibe projiziert und so die Ausrichtung des Teleskops erleichtert.

Wenn Reflektoren aus der Massenfertigung so konstruiert werden könnten, dass sich ihre Optik nie dejustieren würde, gäbe es keine Notwendigkeit, ihren Besitzern zu zeigen, wie man die Optiken einstellt. Jedoch ist in der Praxis kein Newton-Reflektor vor einer eventuellen Dejustierung gefeit. Und wenn der Spiegel, wie beim StarBlast, ein hohes Öffnungsverhältnis von f/4 hat, ist eine gute Kollimation unabdingbar (siehe »Spiegel-Justage« in ASTRONOMIE HEUTE

Mai/Juni, S. 80). Deshalb ist die Justierbarkeit durch den Benutzer sehr vorteilhaft. Die Justage des Hauptspiegels von Hand wird durch die drei federgelagerten Stellschrauben leicht gemacht. Auch ein zentraler Justierpunkt (genau genommen ein Kringel) auf dem Hauptspiegel und eine praktische Justierkappe für den Okularauszug ersparen unnötiges Herumprobieren.

Was mindestens ebenso wichtig ist: Die Anleitung ist weit besser als alles, was ich sonst an Begleitmaterial bei billigen Geräten gesehen habe. Es ist jedoch schade, dass das Handbuch Fernrohrbesitzer dazu anstiften könnte, sich unnötigerweise zu plagen, obwohl ihr Fangspiegel bereits gut eingestellt ist. Dieser ist weitaus schwieriger einzubauen und zu justieren als der Hauptspiegel. Ein kleiner Fangspiegelversatz kann durch eine Hauptspiegelnachjustage ausgeglichen werden, was wesentlich einfacher ist. Leider vergisst das sonst ausgezeichnete Handbuch, den Benutzer daran zu erinnern, den EZ-Finder nach jeder Optikjustage ebenfalls neu auszurichten.

Was das StarBlast zeigen kann

Nachdem das Teleskop justiert wurde, muss der EZ-Finder so ausgerichtet werden, dass sein roter Punkt wieder auf das in der Mitte des Teleskopokulars zu sehende Objekt zeigt. Dies kostete mich einige Zeit: Der Plastikfuß, der den Finder trägt, verbog sich jedes Mal, wenn ich die schwergängige Justage in Azimut zu verbessern versuchte. Schließlich gelang es mir aber und ich visierte Jupiter und Saturn an, die sich trotz des kleinen Gesichtsfelds des 75fach-Okulars schnell aufspüren ließen. Und ich war angenehm überrascht: Die Galilei'schen Monde des Jupiters waren als nadelfeine Lichtpunkte zu sehen, jeder von einem ordentlichen Beugungsring umgeben. Der Planet selbst war gestochen scharf und zeigte mehrere äquatoriale Wolkenbänder. Der Schattenwurf des Saturns auf sein Ringsystem war bei 75facher Vergrößerung deutlich sichtbar, ebenso die Cassini'sche Teilung an den »Henkeln« der Ringe, den »Ansae«, wo sie am auffallendsten ist.

Der Erdmond ist aus triftigem Grund für die meisten Hobbyastronomen erstes Ziel. Sogar bei mäßiger Vergrößerung zeigt er eine Fülle von Details und mancher Blick durch das Teleskop auf unseren Trabanten lässt sogar Raumfahrtgefühle aufkommen. Die beiden Explorer-II-Okulare des Teleskops erwiesen sich hierbei als überraschend kontrastreich und frei von Geisterbildern.

Meine Deep-Sky-Beobachtungen mit dem StarBlast waren wirklich bemerkenswert, nachdem ich eine große Hürde überwunden hatte: den EZ-Finder. Seine Projektionsglasscheibe verdunkelt Sterne um mindestens eine halbe Größenklasse. Ich konnte durch das Glas in den Plejaden oder in Orions Schwert weniger Sterne sehen als mit bloßem Auge. Noch schlimmer ist: Obwohl sich der rote Punkt, der auf das Glas projiziert wird, leicht heller oder dunkler regeln lässt, überstrahlt er auch noch in der schwächsten Einstellung viele der Sterne, die ich als Aufsuchhilfe zu Gasnebeln, Sternhaufen und Galaxien benutze. Ich konnte diese Probleme teilweise umgehen, indem ich gleichzeitig mit beiden Augen gen Himmel schaute, aber nur mit einem den roten Punkt fixierte, oder indem ich meinen Kopf hin- und herbewegte.

S&T / GARY SERONIK

Kurz belichtete Aufnahmen sind mit dem StarBlast möglich, wie diese 1/60-Sekunden-Belichtung der jungen Mondsichel mit einer Nikon-Coolpix-4500 an einem 14-Millimeter-TeleVue-Radian-Okular zeigt.

Nicht nur für Kinder

Für sich allein war keine meiner astronomischen Beobachtungen mit dem StarBlast herausragend. Aber zusammen mit dem großen Gesichtsfeld des Teleskops, seiner soliden Montierung und seinen glatten, ruckfreien Bewegungen zeigen sie, dass dieses Fernrohr jedem Neuling ermöglicht, viel mehr astronomische Erfahrungen zu sammeln und zu genießen als mit den meisten anderen Einsteigerinstrumenten dieser Preisklasse.

Orion vermarktet das StarBlast bevorzugt als Instrument für Kinder. Aber auch ältere Sternfreunde werden es als ideales Zweitgerät (oder Dritt- oder …) zu schätzen wissen, um mal eben kurz einen Blick in die Sterne zu werfen oder um etwas für den Urlaub – auch eine Flugreise – zur Hand zu haben. <<

S&T-Redakteur **Joshua Roth** freut sich trotz 18-jähriger Beobachtungserfahrung mit Dutzenden unterschiedlicher Instrumente noch immer, wenn es darum geht, ein neues »Kinderteleskop« auszuprobieren.

Orion-StarBlast-Astro-Teleskop

Was uns gefiel:

> Robuste azimutale (horizontale) Montierung mit ruckfreier Ausrichtung
> Gründliches und leicht verständliches Handbuch

Was uns weniger gefiel:

> Bild wird ab 100facher Vergrößerung unscharf
> Rotpunkt-Finder überstrahlt Aufsuchsterne

Eigenschaften und Funktion:

> Effektive Öffnung: 111 Millimeter
> Abschattung durch den Fangspiegel: 33,3 Millimeter (30 %)
> Mitgelieferte Okkulare: 17 Millimeter 26 × 1,8 Grad, 6 Millimeter 75 × 0,6 Grad
> Gewicht: 6 Kilogramm
> Preis: 259,– €
> Deutsche Orion-Vertretung: OSDV, Optische Systeme und Digitale Bildverarbeitung, O.S.D.V. Göttker / Pietsch GmbH, Münsterstraße, 48155 Münster, Telefon: (0 25 06) 29 00, www.osdv.de, E-Mail: info@osdv.de

João Magueijo

Schneller als die Lichtgeschwindigkeit – Der Entwurf einer neuen Kosmologie

C. Bertelsmann Verlag, München 2003,
ISBN 3-570-00580-1,
320 S. mit 33 Abbildungen; 23,90 €

Mehr Tempo für das Licht

Angenommen, nur mal angenommen, die Vakuumlichtgeschwindigkeit von 299792 Kilometer pro Sekunde wäre nicht konstant. Schon die Vorstellung, Licht würde sich mal schneller, mal langsamer ausbreiten, bereitet Physikern Kopfzerbrechen. Denn sie widerspricht Einsteins Spezieller Relativitätstheorie, die unser heutiges physikalisches Weltbild in weiten Teilen prägt.

Doch was soll's: Selbstbewusst machte sich der Portugiese João Magueijo – ein Mittdreißiger, der in Cambridge promoviert hat und als Professor für theoretische Physik am Londoner Imperial College lehrt – bereits Anfang der 1990er Jahre daran, seine Ideen einer sich mit der Zeit verändernden Lichtgeschwindigkeit zu formulieren. Nach Überzeugung des Kosmologen bewegte sich Licht im jungen Universum viel schneller als heute. Mithilfe dieser Annahme, so behauptet Magueijo, lassen sich zentrale Probleme der Kosmologie lösen: etwa die Frage, warum die Energie- und Masseverteilung im Universum genau so abgestimmt ist, dass sich der Kosmos nach dem Urknall weder zu einer unendlichen Leere ausdehnte noch sofort wieder in sich zusammenstürzte, sondern so wurde, wie wir ihn heute sehen.

Ausgemachter Unsinn

Nicht wenige Wissenschaftler halten seine Theorie für ausgemachten Unsinn. Immerhin löst die Inflationstheorie solche kosmologischen Probleme ebenfalls, und das schon seit 1980. Sie beschreibt, wie sich in den ersten Sekundenbruchteilen nach dem Urknall das Universum urplötzlich aufblähte und erst danach in die gemächliche Expansion verfiel, die wir beobachten. Dennoch »bleibt der Markt offen für alternative Ansätze«, schreibt Magueijo, denn die Existenz jener Elementarteilchen, die die Inflation antreiben sollen, ist nur hypothetisch.

Lesenswert ist seine unterhaltsame Einführung in die Kosmologie allemal. Geschichten um Einsteins Traumkühe, »Götter auf Speed« und goanesische Nächte sind das Rahmenprogramm für Magueijos vielleicht revolutionäre Theorie. Allerdings muss er noch beweisen, dass er tatsächlich das Zeug zu einem der ganz großen Physiker des 21. Jahrhunderts hat.

Als Selbstdarsteller brilliert er jetzt schon: Die anmaßende Art, in der Magueijo Kollegen und Institutionen des Wissenschaftsbetriebs in seinem Buch angreift, hat ihm manche Missgunst eingebracht. Während sich Engländer mit einer entschärften Neuauflage bescheiden müssen, haben es deutsche Leser besser: Hier zu Lande wird »Schneller als die Lichtgeschwindigkeit« in der ursprünglichen Fassung verkauft. >> tk

Bernhard Mackowiak

Warum leuchten Sterne? 100 spannende Fragen rund um die Astronomie

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2003,
ISBN 3-440-08999-1,
191 S. mit 144 Abbildungen; 16,90 €

Einfache Fragen – Spannende Antworten

Was war eigentlich vor dem Urknall? Wer war Kopernikus? Wie entstehen Polarlichter? Und warum leuchten Sterne, nicht aber Planeten?

Die Astronomie steckt voller Fragen, deren Antworten oft nicht so leicht zu geben sind. Besonders dann, wenn auch Laien sie verstehen sollen und man auf das Kauderwelsch namens Fachsprache verzichten soll.

Bernhard Mackowiak beantwortet in seinem Buch »Warum leuchten Sterne?« hundert grundlegende und gerade deshalb sehr spannende Fragen zur Astronomie auf kompetente, verständliche und dabei sehr unterhaltsame Art.

Sein Buch gliedert sich in zwölf Themengebiete, die von der Geschichte der Astronomie über die Erde und das Sonnensystem bis hin zu den fernsten Galaxien des Universums reichen. In jedem Abschnitt werden die spannendsten Fragen zum jeweiligen Thema beantwortet. Für den Leser ist es dabei nicht unbedingt notwendig, sich an eine Reihenfolge zu halten. Jede Frage wird in sich geschlossen behandelt, sodass jeder mit der anfangen kann, die ihn am meisten interessiert. Dass die Texte nicht aufeinander aufbauen, hat einen entscheidenden Nachteil: Einzelne Aspekte wiederholen sich hin und wieder. Gerade, wenn man ein Kapitel durchliest, stört dies den Lesefluss ein wenig.

Wer seinen Wissensdurst über die Wunder des Sternhimmels stillen möchte, ist mit diesem Buch sehr gut beraten. Es fasziniert Einsteiger ebenso wie Profis. Und die Antworten bestätigen wieder einmal, dass einfache Fragen keine dummen Fragen sein müssen. >> Stephen Koszudowski

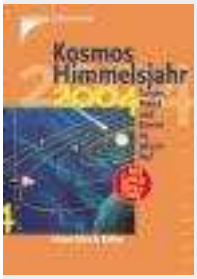
CD-ROM:
Mission Mond
Aufbruch ins All

United Soft Media Verlag, München 2003; 29,90 €

Der Mond – eine Scheibe?

Zu einer Zeit, in der Verschwörungsanhänger den Leuten weismachen wollen, die Mondlandung habe gar nicht stattgefunden, und dies von Teilen der Bevölkerung geglaubt wird, kommt eine CD-ROM, vollgepackt mit Wissen über unseren nächsten Nachbarn, gerade recht.

»Mission Mond« enthält Informationen über sämtliche Mondmissionen, ein Kapitel über Mondkunde, einen frei drehbaren Mondglobus und dreidimensionale Geländemo-



Kosmos Himmelsjahr 2004
Kosmos Verlag, Stuttgart 2003, ISBN 3-440-09410-3, 272 S. mit ca. 200 Abbildungen; 14,50 €

Der Sternenhimmel 2004
Kosmos Verlag, Stuttgart 2003, ISBN 3-440-09399-9, 352 S. mit ca. 80 Abbildungen; 22,90 €

Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2004
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg 2003, ISBN 3-936278-41-5, 192 S. mit ca. 150 Abbildungen; 9,80 €

Jahrbücher im Überblick

Wer die vielfältigen Phänomene am Firmament selbst beobachten möchte – sei es mit bloßem Auge, Feldstecher oder Fernrohr – braucht ein astronomisches Jahrbuch. Im deutschsprachigen Raum buhlen drei Standardwerke um die Gunst der Sternfreunde: das »Kosmos Himmelsjahr« und »Der Sternenhimmel«, die beide im traditionellen Taschenbuchformat erscheinen, sowie »Ahnerts Astronomisches Jahrbuch«, das 2004 erstmals im A4-Magazinformat auf den Markt kommt.

So unterschiedlich wie das äußere Erscheinungsbild ist auch die Darstellung des Inhalts. Zwar präsentieren alle drei Werke die astronomischen Ereignisse und Daten nach Monaten sortiert teils in Tabellenform, teils in erläuterndem Text und teils in Grafiken, doch damit enden schon die Gemeinsamkeiten. Die unterschiedlichen Schwerpunkte der Jahrbücher machen diese für verschiedene Nutzergruppen interessant:

So werden Gelegenheitsbeobachter und Neulinge sich vor allem vom Himmelsjahr angesprochen fühlen. Tabellarische Angaben beschränken sich im Wesentlichen auf die Daten zu Sonnen- und Mondlauf. Alle anderen Himmelsereignisse sind in kurzen Texten und ästhetischen Farbgrafiken erläutert. Nach den allgemeinen Beobachtungshinweisen folgt in jedem Monatsabschnitt ein ausführlicher behandeltes Thema wie etwa die Cassini-Mission zum Planeten Saturn oder die Frage, ob es Quark-Sterne gibt. Ein weiteres Kapitel stellt die Sonnen- und Mondfinsternisse des Jahres 2004 und den Venusdurchgang am 8. Juni 2004 vor. Eher entbehrlich sind die im besten Marketing-Englisch als Latest News 2003 bezeichneten Neuigkeiten aus der Forschung. Sehr hilfreich sind hingegen die Beschreibungen der wichtigsten astronomischen Ereignisse des Jahres 2003 bis zur Drucklegung – Highlights genannt – und die Vorschau auf die nach Erscheinen stattfindenden »Events«.

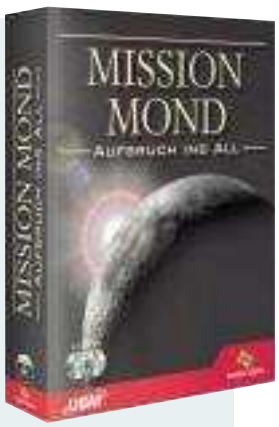
Der Ahnert mit seiner üppigen Bebilderung spricht die gleiche Nutzergruppe an wie das Himmelsjahr. Die tabellarischen Daten sind jedoch weitaus umfangreicher, sodass hier auch der etwas engagiertere Amateur auf seine Kosten kommt. Der höhere Informationsgehalt geht jedoch zu Lasten der Übersichtlichkeit. Insbesondere die zahlreichen Kürzel in den Tabellenspalten machen dem Nutzer zu schaffen. Die Finsternisse und der Venusdurchgang werden in den Monatsabschnitten ausführlich behandelt. In dem einleitenden Übersichtsbeitrag gehen die Hinweise darauf im Fließtext jedoch völlig unter. Einfache Abhilfe würde hier eine Hervorhebung durch Fettschrift schaffen.

Ahnerts übersichtlichere Sternkarten

Gleiches gilt für die im Text erläuterten astronomischen Grundbegriffe. Seinen größten Vorteil spielt der Ahnert indes bei den Monatssternkarten aus: Auf Grund des größeren Formats sind sie viel übersichtlicher als in den beiden Taschenbüchern. Wie das Himmelsjahr behandelt der Ahnert jeden Monat ein Spezialthema.

Der Sternenhimmel kommt im Vergleich mit den beiden anderen Jahrbüchern recht nüchtern daher. Dafür bietet er mit Abstand die meisten Informationen. Gleich, ob Lauf der Planeten und Planetoiden, Sternbedeckungen durch den Mond, periodische Kometen oder veränderliche Sterne: Die zahlreichen Tabellen und Grafiken liefern dem kundigen Amateurastronomen alle wichtigen Daten ohne Ablenkung durch Lesestücke auf einen Blick. Die Besonderheit und den umfangreichsten Teil dieses Jahrbuchs macht der »Astrokalender« aus, der für jeden Tag des Jahres alle astronomischen Ereignisse stichwortartig auflistet.

>> Uwe Reichert



delle einzelner Gebiete, die man virtuell überfliegen kann. Sie fasst unseren derzeitigen Wissensstand über den Mond gut verständlich zusammen. Damit hebt sie sich wohltuend von den meisten anderen CD-ROMs zum Thema Mond oder den Apolloflügen ab, die nur aus Fotos und Videosequenzen bestehen.

Das Kapitel über die Mondexpeditionen ist sehr ausführlich und gut illustriert. So werden nicht nur alle bisherigen Missionen beschrieben, man findet auch Informationen über geplante Projekte wie LunarSat, Lunar-A, Selene und Trailblazer. Als besonderes Highlight sind auf der CD-ROM auch die Flughandbücher und Presseinformationen der Apolloflüge enthalten: eine wahre Fundgrube für Raumfahrtenthusiasten und alle, die sich schon immer gefragt haben, wie denn eine Landefähre oder das Mondauto funktionieren. Auf die Argumente der Verschwörungstheoretiker wird in einem eigenen Kapitel eingegangen und jedes einzelne fachkundig widerlegt!

Der Mondglobus basiert auf Daten der Clementine-Sonde und lässt sich frei drehen und heranzoomen. Wunderbar gelungen sind auch die dreidimensionalen Geländemodelle einiger ausgewählter Bereiche der Oberfläche. So kann man virtuell über den Landeplätzen von Apollo 15 und 17, dem Mare Orientale oder der Regenbogenbucht schweben! Fazit: Auf Grund der Fülle an Information und der gut verständlichen Erklärungen ist diese CD-ROM jedem zu empfehlen, der mehr über unseren Mond erfahren will.

>> Rainer Riemann

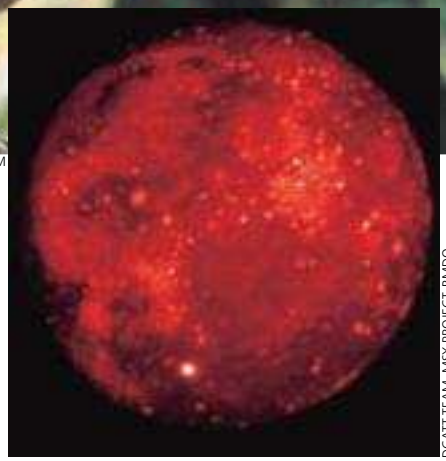
Biologische Infrarotsensoren
Zwischen Mund und Augen von Grubenottern sitzen Organe, die noch Temperaturunterschiede von einigen tausendstel Grad wahrnehmen.

WERNHER KRUTEIN, PHOTOVAULT.COM

Himmel im Infrarot

Grubenottern können Wärme »sehen«. Was würden die Schlangen entdecken, wenn sie zum Himmel schauten?

>> E. C. Krupp



DCATT TEAM, MSX PROJECT, BMDO

Mond mit »Schlangenaugen« gesehen. So zeigte sich der Erdtrabant während der Mondfinsternis 1996 im infraroten Licht. Helle Punkte (unten der Krater Tycho) kennzeichnen vergleichsweise warme Regionen.

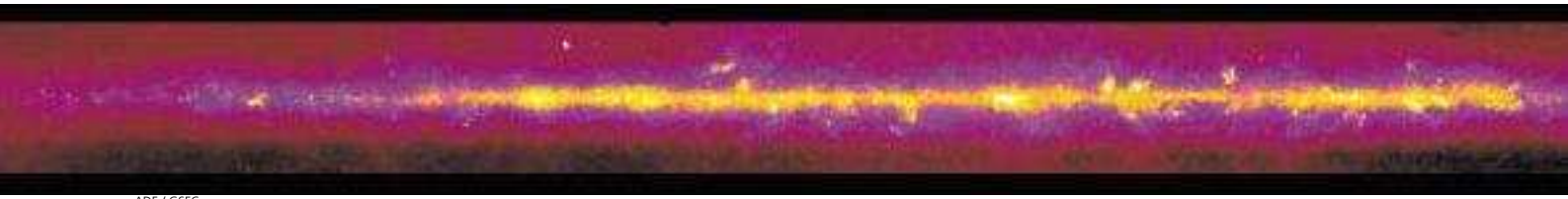
Wenn in diesen Tagen der Hase (lateinischer Name des Sternbilds: »Lepus«) im Osten über den Horizont gehoppelt kommt, verschwindet gerade die Schlange (»Serpens«) im Westen. Glück für das Langohr, das sich sonst kaum verstecken könnte: Allein seine Körperwärme, von der es ein Teil als – für das Auge unsichtbare – Infrarotstrahlung abgibt, würde dem Reptil den Weg zur nächsten Mahlzeit verraten.

Trotz tiefer Dunkelheit »erspähen« nachts umherstreifende Grubenottern, also zum Beispiel Klapperschlangen, ihre Beute mithilfe von »Grubenorganen«. Das sind Infrarotsensoren, die in zwei Gruben jeweils zwischen Auge und Nasenöffnung liegen. Diese Wahrnehmungsorgane liefern die Daten, mit deren Hilfe die Schlangen Entfernung und Richtung ihres Ziels bestimmen.

Obwohl sich Infrarotlicht nur darin vom sichtbaren Licht unterscheidet, dass es eine niedrigere Frequenz aufweist, können wir es nicht sehen. Es lässt sich jedoch mit einem Thermometer nachweisen. So tat das schon William Herschel im Jahr 1800: Der deutsch-britische Astronom stellte in seinen Experimenten mit Lichtfiltern fest, dass diese sichtbares Licht zwar deutlich abschwächten, Wärme aber hindurchließen.

Daraufhin projizierte Herschel ein Spektrum des Sonnenlichts auf seinen Arbeitsplatz. Auf der einen Seite wurde es durch violettes, auf der anderen Seite durch rotes Licht begrenzt. Dann maß er die Temperatur, die sich einstellte, wenn er über die verschiedenfarbigen Flächen einen Thermometer hielt. Bewegte er dessen Glasröhre zum roten Licht hin, kletterte das Quecksilber deutlich. Den größten Wärmeanstieg jedoch maß Herschel jenseits dieses Bereichs – dort, wo das menschliche Auge keine Farbe mehr wahrnimmt. In einem Aufsatz schrieb er: »Es gibt Strahlen von der Sonne, die weniger gebrochen werden als jene, die vom Auge wahrgenommen werden. Sie verfügen über eine große Fähigkeit, Körper zu erwärmen, können aber keine Objekte beleuchten.« Herschel hatte das Infrarotlicht entdeckt.

Zunächst aber lockte sein Infrarotdetektor keine einzige Schlange aus der Grube. Ohnehin standen noch weitere



ADF / GSFC

NASA / JPL-CALTECH

Feuriger Start. Eine Infrarotkamera filmte die heißen Abgase des Infrarotsatelliten SIRTF, als er am 25. August gegen 2 Uhr früh auf einer Delta-II-Rakete abhob und kurz darauf durch die Wolkendecke stieß.

Entdeckungen an, zum Beispiel jene am Ende des 19. Jahrhunderts, als der amerikanische Forscher und Luftfahrtpionier Samuel Pierpont Langley das Bolometer erfand.

Diese Geräte sind vom Prinzip her ebenfalls Thermometer. Doch statt eine sich ausdehnende Flüssigkeit wie Quecksilber zur Messung zu verwenden, bestimmen sie die Änderung des Stromflusses in einem elektrischen Stromkreis. Diese erlauben einen Rückschluss auf die Temperatur und damit auf die Strahlungsleistung eines Objekts. Als Langley auf dem Gipfel des kalifornischen Mount Whitney bolometrisch den Energieausstoß der Sonne registrierte, entdeckte er das mittlere Infrarot. Diese Strahlung hat noch längere Wellenlängen als das von Herschel gefundene nahe Infrarot.

Astronomen tun es der Grubenotter gleich

Mangels geeigneter Detektoren war die Infrarotastronomie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts nur mäßig erfolgreich: Über Beobachtungen des Monds, der Planeten und ein paar heller Sterne kam sie nicht hinaus. Einige Astronomen taten es jedoch den Grubenottern gleich und versuchten, Leben mithilfe von dessen Wärmestrahlung aufzuspüren – außerirdisches Leben.

So zum Beispiel der Harvard-Astronom William M. Sinton: Mit dem Fünf-Meter-Teleskop auf dem Mount Palomar nahm er ein Infrarotspektrum von Mars auf. Er wusste, dass organische Moleküle bestimmte Infrarotwellenlängen absorbieren, und suchte nach den entsprechenden Spektrallinien. Im Jahr 1959 wurde er tatsächlich fündig: Drei Frequenzbereiche (»Banden«) absorbierter Infrarotstrahlung schienen mit dunkleren Gebieten auf der Marsoberfläche in Zusammenhang zu stehen, die einige andere Forscher für Spuren von Vegetation hielten.

Zwar wurde später klar, dass zwei dieser Banden nichts mit Mars zu tun hatten, sondern durch Prozesse in der Erdatmosphäre erzeugt wurden. Doch als der Physiker Frank Low in den frühen 1960er Jahren ein hochpräzises Germaniumbolometer entwickelte, das die Fähigkeiten der Grubenottern übertraf, ging die Suche weiter.

Da unsere Atmosphäre den Großteil der Infrarotstrahlung aus dem All absorbiert, müssen Astronomen ihre Messungen in großem Abstand von der Erdoberfläche vornehmen. Low verwandelte sein Bolometer also in ein Höhenobservatorium und ließ es an einem Ballon 23 Kilometer hoch steigen. Carl Sagan und andere Wissenschaftler, die an der Suche nach Leben im Universum beteiligt waren, baten ihn, im infraroten Licht nach Leben auf dem Mars Ausschau zu halten.

Hierzu musste der Detektor gegen die Wärme seiner Umgebung isoliert werden. Denn jedes Objekt in seiner Nähe – einschließlich der Astronomen und ihrer Instrumente – strahlt selbst so viel Infrarotenergie ab, dass diese Strahlung schwächere, weiter entfernte Quellen überdecken kann. Also ersann Low ein metallenes »Dewar-Gefäß«. Dies ist eine Art Thermosflasche, in der die Beobachtungsapparatur mithilfe flüssigen Heliums auf vier Grad Celsius über dem absoluten Nullpunkt, also auf –269 Grad Celsius, heruntergekühlt wird.

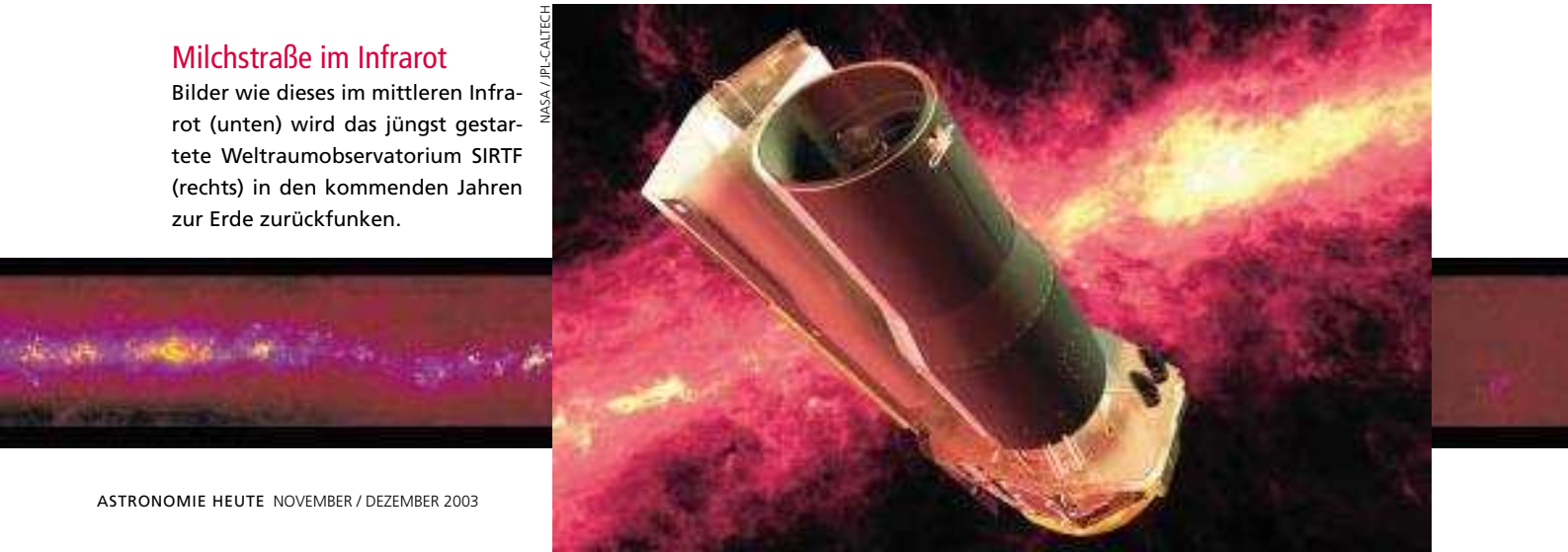
Spähen nach Leben auf Mars

Doch schon der erste Einsatz der Apparatur enttäuschte die Forscher. Das Infrarotspektrum des Mars enthielt keinerlei Hinweise auf organisches Material. Jahre später, als Raumsonden und schließlich Landegeräte Fotos von dessen Oberfläche übermittelten, konnten wir uns dann auch ohne Hilfe von Infrarotaugen davon überzeugen, dass der Boden des Roten Planeten nicht von Laub, sondern von Staub, Sand und Felsbrocken bedeckt ist.

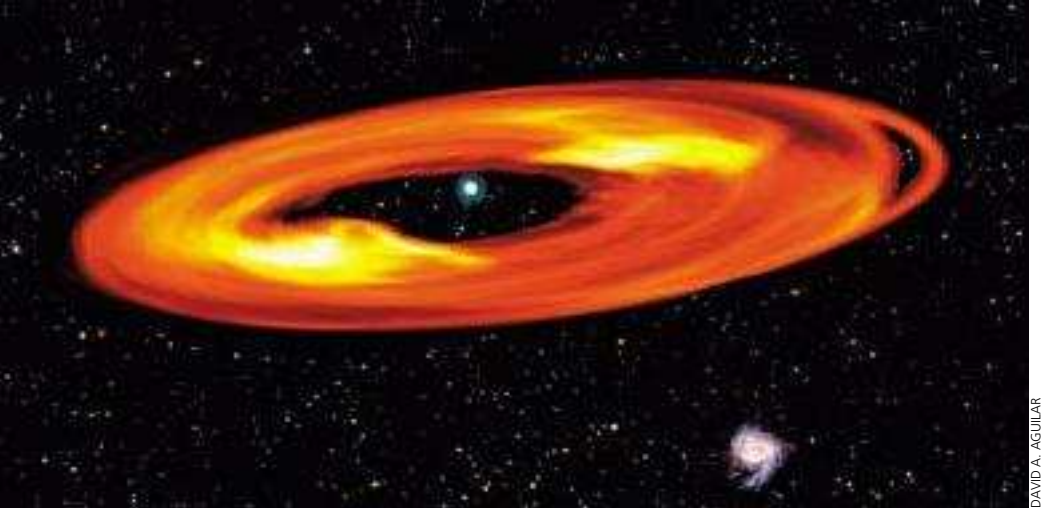
Diesem »Misserfolg« zum Trotz machte die Infrarotastronomie enorme Fortschritte. Ende der 1960er Jahre bauten Gerald Neugebauer und Robert B. Leighton am Jet Propulsion Laboratory (JPL) ein 1,5-Meter-Teleskop und führten vom kalifornischen Mount Wilson aus die erste Infrarotdurchmusterung des gesamten nördlichen Himmels durch. Später >

Milchstraße im Infrarot

Bilder wie dieses im mittleren Infrarot (unten) wird das jüngst gestartete Weltraumobservatorium SIRTF (rechts) in den kommenden Jahren zur Erde zurückfunken.



NASA / JPL-CALTECH



DAVID A. AGUILAR

Dank der Infrarotastronomie
lässt sich klären, ob die im Infraroten leuchtende Staubscheibe um Wega (Illustration links) Entstehungsort eines Planetensystems ist (siehe auch Bild unten).

> erkundeten Infrarotinstrumente an Bord von Ballonen, Flugzeugen und Raketensonden den Himmel in immer mehr Wellenlängenbereiche. Höhere Empfindlichkeit, Auflösung und Positionierungsgenauigkeit von Detektoren öffneten auch den Teleskopen am Erdboden die Infrarotaugen, die nun Riesensterne, interstellare Wolken, kühle Sterne, aktive Galaxien und das Herz der Milchstraße ins Visier nahmen.

Als die Astronomen das Potenzial dieser Technologie erkannten, begannen sie mit der Planung eines Infrarot-Observatoriums in der Erdumlaufbahn. Am 25. Januar 1983 hob der Infrared Astronomical Satellite (Iras) ab – eine Grubenotter im Weltraum. Zehn Monate lang zeichnete Iras als Projekt der Niederlande, Großbritanniens und der USA Daten in vier Infrarotfiltern auf. Die Beobachtungsreihe riss erst ab, als der Satellit sein zur Kühlung benutztes flüssiges Helium verbraucht hatte und den Detektor durch sein eigenes Infrarotleuchten blendete.

Doch schon der Beginn der Iras-Mission hatte für eine Überraschung im Infraroten gesorgt. Als der Detektor zur Eichung auf den Stern Wega, den hellsten im Sternbild Leier, gerichtet wurde, empfing er wesentlich mehr Strahlung als erwartet. Dieser heiße weiße Stern in etwa 25 Lichtjahren Entfernung leuchtete im Infraroten viel stärker als die Iras-Astronomen Hartmut Aumann und Fred Gillett dies erwartet hatten.

War dort vielleicht fette Beute zu holen? Die Grubenotter Iras stürzte sich auf ihr im warmen Licht leuchtendes Zielobjekt Wega. Forscher identifizierten deren zusätzlichen Infrarotanteil schließlich als Strahlung großer Staubkörner. Diese umgeben Wega mit einer Hülle, im Durchmesser doppelt so groß wie die Umlaufbahn von Pluto, und stehen möglicherweise mit der Bildung von Planeten um Wega in Verbindung.

Infrarot-Exzess im Sternbild Maler

Die Vorstellung, dass man mithilfe dieser neuen Methode Planeten bei anderen Sternen entdecken könnte, löste überall Begeisterung aus. Weitere Sterne wurden gründlich auf einen solchen »Infrarot-Exzess« hin untersucht, und siehe da: Bei Beta Pictoris (β Pic), einem Stern im südlichen Sternbild Maler (»Pictor«), fand sich ebenfalls ein zusätzlicher Infrarotschein.

Beta Pictoris ist etwa doppelt so weit entfernt wie Wega und erscheint uns schwächer als dieser. Doch den Astronomen Bradford Smith von der University of Arizona und Richard Terrile vom JPL gelang es, die Scheibe aus Staub rings um den Stern in einem Infrarotbild einzufangen. Weil sie Vorläufer eines Planetensystems sein könnte, wird sie als protoplanetare Scheibe bezeichnet. Ihr Durchmesser ist rund 18-mal größer als der von Plutos Umlaufbahn. Doch in ihrem Innern – ein Bereich wenig größer als der, den die Bahn des Uranus beschreibt – scheint es keinen Staub zu geben. Möglicherweise wurde diese Region vor langer Zeit tatsächlich von Planeten leergefegt.

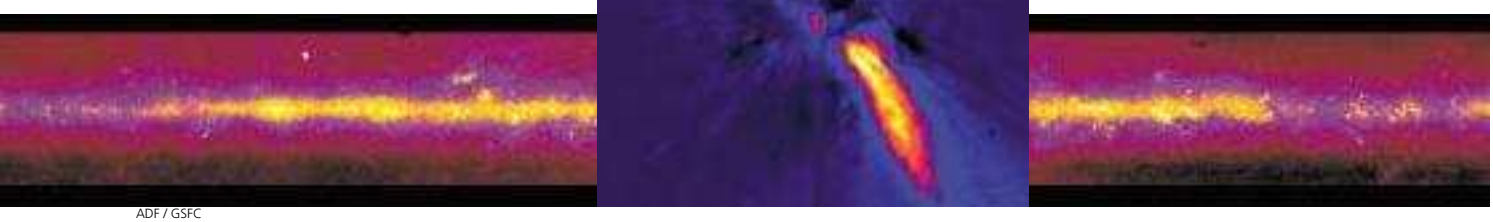
Mit der Entdeckung einer protoplanetaren Scheibe um Beta Pictoris betrat die Infrarotastronomie einen neuen Weg, der uns zu fremden Welten um andere Sterne führt. Bis heute wurden über hundert extrasolare Planeten gemeldet, die aber alle nur auf indirektem Wege nachgewiesen wurden (siehe auch »Planetenjagd«, AH Juli / August 2003, S. 28).

Nun aber ist ein Wettlauf um das erste direkte Foto von einem Planeten um einen anderen Stern im Gange. Ein bodengebundenes Infrarot-Interferometer mit adaptiver Optik wird uns wahrscheinlich die erste Ansicht eines extrasolaren Planeten von der Größe Jupiters liefern. Falls ein Planet ähnlich der Erde innerhalb der Lebenszone um einen fremden Stern liegen sollte, müsste er warm und damit im Infraroten sichtbar sein.

Mit einem Infrarot-Interferometer im Orbit könnte so schließlich auch das erste Bild einer Welt von der Größe der Erde aufgenommen werden. Gelingt uns dies, haben wir auf der Jagd nach Leben im Universum auf unsere Weise endlich mit den Grubenottern gleichgezogen. <<

Licht und Wärme, so heißt es, verbreitet **E.C. Krupp** als Direktor des Griffith Observatory in Los Angeles.

Planeten um Beta Pictoris?
Darauf deuten Unregelmäßigkeiten in dessen Staubscheibe hin, die in rot und gelb dargestellt ist. Bei diesem Infrarotbild wurde das Sternlicht abgeblendet.



ESO

ADF / GSFC

ANZEIGE

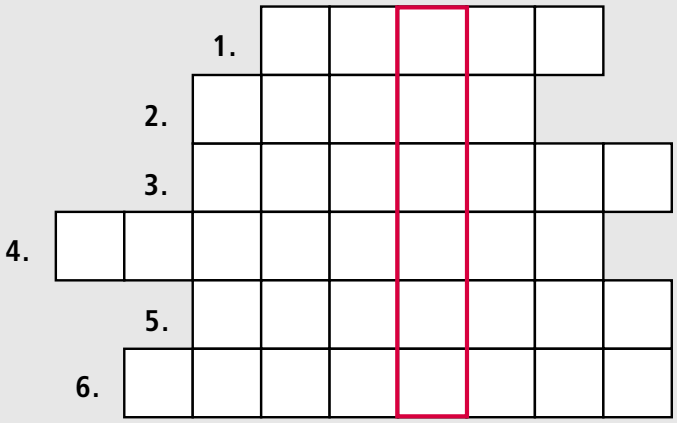
ANZEIGE

KLEINANZEIGEN

mit bis zu fünf Zeilen
für Abonnenten
von ASTRONOMIE HEUTE
kostenlos!

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!



1. Welches war der zweite Komet, der nach dem Halleyschen als periodisch erkannt wurde?
2. Wer war der erste Deutsche im All (Nachname)?
3. Wo steht seit kurzem das größte Gammastrahlenteleskop der Welt?
4. Grubenottern nehmen uns in diesem Licht wahr.
5. Welcher Überriese wurde 1843 von Eta Carinae überstrahlt?
6. Welche Chemikalie hält Wasser bis zu –100 Grad Celsius flüssig?

TASCO Galaxsee Refraktor

1. Preis: Das Tasco Galaxsee-Linsenteleskop ist ein ideales Instrument für den engagierten Einsteiger. In Metallic-Nachtblau lackiert, überzeugt es durch seine üppige Ausstattung: drei Okulare, 3-fach Barlowlinse, Mondfilter, Skywatch CD-ROM mit 10000 Objekten u.v.m. Wert: 220 €

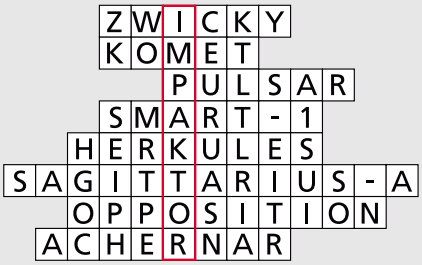
2. Preis: Die drehbare Sternkarte »Polaris« aus dem Kosmos Verlag in Stuttgart erfüllt höchste Ansprüche und zeigt 3000 Objekte. Sie ist für Breiten zwischen 40 und 60 Grad Nord geeignet. Wert: 49,90 €

3. – 5. Preis: Dieser detaillierte Mond-Atlas der Firma United Soft Media (siehe Besprechung S. 90) bietet alles Wissenswerte über unseren Nachbarn im All. Mit »Mission Mond« bekommen Sie einen umfassenden Überblick über alle Projekte und Missionen rund um den Erdtrabanten. CD-ROM im Wert von 29,90 €

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 5/2003, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 7.11.2003. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

ANZEIGE

Lösung und Gewinner des letzten Preisrätsels:



Impaktor: Raumsonde, die mit einem Asteroiden zur Kollision gebracht wird, um diesen von seinem Kurs abzulenken.

Hier die Gewinner des Preisrätsels aus ASTRONOMIE HEUTE 4, 2003:

1. Preis: Gottfried Mühlbauer aus Küstrin-Kietz (Meade-Teleskop)
2. – 4. Preis: Marc Weisse aus Fürfeld, Eric Sand aus Lustadt und Holger Blome aus Bad Fallingbostel (DVD- bzw. Video-/Buch-Paket »Der Weltraum«)
5. Preis: Lutz Reissig aus Plauen (Buch »Zielscheibe Erde«)

ANZEIGE

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	**privat**	**gewerblich**
bis zu drei Zeilen	22,– €	45,– €
jede weitere Zeile	5,– €	8,– €

Eine Zeile enthält durchschnittlich fünfzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: (06221) 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de. Einsendeschluss: sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

ESA

Nachschub für die ISS

Das Automated Transfer Vehicle (ATV) soll ab 2004 lasergelenkt an der Internationalen Raumstation ISS andocken

CRAIG MICHAEL UTTER

Mächtige Lichtmaschine

Im ASTRONOMIE HEUTE-Testreport: das 12½-Zoll-Dobson-Teleskop von Discovery Telescopes

OLIVER DREISSIGACKER

Größtes Teleskop der Welt

Die Europäische Nordsternwarte auf den Kanarischen Inseln errichtet im Jahr 2004 ein 10,6-Meter-Teleskop

Galileis Mondskizzen

aus dem 17. Jahrhundert zeigen bereits eindrucksvoll helle und dunkle Bereiche der Mondoberfläche

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (dre), Stephan Fichtner (sf)
Ständige Mitarbeit: Thilo Körkel (tk)
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Produktentwicklung: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg, Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Cartoons: Walt Handelsman, Sidney Harris, Rick London
Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel. (06221) 9126-711, Fax (06221) 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 104840, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel. (06221) 9126-600, Fax (06221) 9126-751, E-Mail: ah@spektrum.com
Übersetzungen/Mitarbeit in diesem Heft: Dr. Thomas Bührke, Ute Eberle, Corinna Karow, Stephen Koszudowski, Monika Maintz, Dr. Stefanie Reinberger, Dr. Rainer Riemann, Margit Röser, Anette Sowa, Sigrid Spies, Michael Vogel, Bernd Weisheit, Ralph Wondraschek, Uli Zehndbauer.
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: (06221) 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: (06221) 9126-741; E-Mail: marketing@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel. (06221) 9126-744
Geschäftsleitung: Dean Sanderson, Markus Bossle
Leser-Service: Tel.: (06221) 9126-743; E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft, Boschstraße 12, D-69469 Weinheim, Tel.: (06201) 6061-50, Fax: (06201) 6061-94
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (6 Ausgaben): € 34,80, Jahresabonnement Ausland: € 37,80, Jahresabonnement Studenten Inland (gegen Studiennachweis): € 30,00, Jahresabonnement Studenten Ausland (gegen Studiennachweis): € 33,00. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konten: Deutsche Bank, Weinheim, 58 36 43 202 (BLZ 670 700 10); Postbank Karlsruhe 13 34 72 759 (BLZ 660 100 75). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel; Tel.: (06181) 729-04; Fax: (06181) 729-84; E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 1 vom Dezember 2002.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2003 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
http://www.astronomie-heute.de
Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.